

ICS 13.020.30

Z 04

备案号: 26214-2009

DB

北京市地方标准

DB11/T 656—2009

场地环境评价导则

Environmental site assessment guideline

2009-10-14 发布

2010-01-01 实施

北京市质量技术监督局 发布

目 次

前言.....III

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....2

4 场地环境评价的工作程序.....3

5 第一阶段——污染识别.....5

6 第二阶段——现场采样分析.....7

7 第三阶段——风险评价.....12

附录 A（资料性附录）地下和地上储藏池（库）调查示例表.....16

附录 B（资料性附录）不同阶段场地环境评价报告编写示例.....18

附录 C（资料性附录）土壤采样技术.....21

附录 D（资料性附录）现场记录单样式.....25

附录 E（资料性附录）监测井设置与地下水采样技术.....30

附录 F（规范性附录）样品分析方法.....34

附录 G（资料性附录）美国 EPA 通用土壤筛选值.....38

附录 H（资料性附录）场地健康风险计算方法.....41

前 言

为防止潜在污染场地开发利用危害人民群众身体健康，污染区域土壤和地下水环境，根据《中华人民共和国环境保护法》等有关法律、法规的规定，结合北京实际，制定本标准。

本标准附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 G、附录 H 为资料性附录，附录 F 为规范性附录。

本标准由北京市环境保护局提出并归口。

本标准由北京市质量技术监督局 2009 年 10 月 14 日批准。

本标准由北京市环境保护局组织实施。

本标准起草单位：北京市环境保护科学研究院、北京市固体废物管理中心。

本标准主要起草人：姜林、李立新、黄海林、王军玲、王岩、张丽娜、韩玉花、李娟、叶琰、申德轶、朱笑盈、张增杰。

场地环境评价导则

1 范围

本标准规定了场地环境评价的工作程序和污染识别、现场采样分析、风险评价三个阶段的一般要求。本标准适用于工业用地开发再利用时的场地环境评价，其他类型的场地环境评价可参照本导则。本标准不适用于涉及放射性污染的场地评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 7486 水质 氰化物的测定 第一部分：总氰化物的测定

GB/T 14550 土壤中六六六和滴滴涕测定的气相色谱法

GB/T 17134 土壤质量 总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法

GB/T 17135 土壤质量 总砷的测定 硼氢化钾-硝酸银分光光度法

GB/T 17136 土壤质量 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

GB/T 17137 土壤质量 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法

GB/T 17138 土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法

GB/T 17139 土壤质量 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法

GB/T 17140 土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法

GB/T 17141 土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法

GB 50021 岩土工程勘察规范

GBJ 145 土的分类标准

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ 77.4 土壤和沉积物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法

HJ/T 164 地下水环境监测技术规范

危险化学品名录 2008 版

国家危险废物名录 中华人民共和国环境保护部和中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 1 号 2008 版

EPA Method 200.7 Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometric Method for Trace Element Analysis of Water and Wastes

EPA Method 200.8 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

EPA Method 7196 Chromium, Hexavalent (Colorimetric)

EPA6010 Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

EPA7473 Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry

EPA8015 Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography

EPA8081 Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography

EPA8082 Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography

EPA8141 Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography

EPA8260 Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)

EPA8270 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)

EPA Method 9012 Total and Amenable Cyanide (Automated Colorimetric, with Off-Line Distillation)

NIOSH Method 7400 Asbestos and Other Fibers by PCM

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

场地 site

某一地块范围内一定深度的土壤、地表水、地下水、以及场地上所有构筑物、设施和生物的总和。本标准中的场地仅限于某一地块范围内一定深度的土壤和地下水。

3.2

危险物质 hazardous substances

国家安全生产监督管理局公布的《危险化学品名录》(2008 版)和环境保护部与国家发展和改革委员会共同发布的《国家危险废物名录》中包含的物质。

3.3

筛选值 screening values

在确定了开发场地土地利用功能的情况下,土壤污染物检测值低于该筛选值时,该场地不需修复即可直接开发利用。而检测值超过筛选值时,必须进行风险评价,根据具体的风险评价结果确定该场地是否需要实施修复及修复的目标值。

3.4

关注污染物 contaminants of concerns

第二阶段风险筛选过程中确定的可能对人体健康产生不利影响的污染物,即超出风险筛选值的污染物,是风险评价的关键污染物。

3.5

健康风险评价 health risk assessment

基于污染场地对人体健康造成潜在负面影响的水平评价。

3.6

修复目标值 remediation target values

基于场地健康风险评价确定的可接受的场地污染水平。

3.7

风险可接受水平 risk acceptable level

一定条件下,人们可以接受的健康风险水平。本标准中的致癌风险水平以场地污染可能引起的癌症发生概率来衡量,非致癌风险水平以场地土壤和地下水中污染物浓度超过污染可容许接受浓度的倍数来衡量。

3.8

暴露途径 exposure pathway

污染源或污染区域释放的污染物接触到场地及场地周边受体的途径。每一个暴露途径将包括污染源及关注污染物释放的源、暴露点、受体及受体接触污染物的方式。如果污染源与暴露点不在同一位置,则暴露途径还应包括污染物在环境中的迁移过程。

3.9

接触方式 exposure route

人体接触或摄入污染物的方式。通常情况下,与人体健康相关接触污染物的方式包括:①直接不慎摄入污染土壤;②经皮肤接触污染土壤而吸收土壤中污染物;③通过呼吸系统吸入污染的土壤尘;④吸入土壤及地下水中的挥发性有机污染物;⑤饮用受污染的地下水和地表水。

3.10

暴露点 exposure point

人体接触关注污染物的介质(土壤、地下水等)。

3.11

暴露浓度 exposure concentration

暴露点关注污染物的浓度,如土壤和地下水中污染物的浓度。

3.12

场地概念模型 site conception model

综合描述场地污染源释放的污染物通过土壤、水、空气等环境介质,进入人体并对场地周边及场地未来居住、工作人群的健康产生影响的关系模型。场地概念模型包括污染源、污染物的迁移途径、人体

接触污染的介质和接触方式等。

4 场地环境评价的工作程序

4.1 场地环境评价阶段划分

场地环境评价工作程序可分为逐级递进的三个阶段，见图 1：

- 第一阶段为污染识别阶段。主要工作为通过文件审核、现场调查、人员访谈等形式，对场地过去和现在的使用情况，特别是污染活动有关信息进行收集与分析，以此来识别和判断场地环境污染的可能性；
- 第二阶段为采样分析阶段。主要工作为通过在疑似污染地块上进行采样分析，确认场地是否存在污染；如果确定场地存在污染，则需通过进一步采样，并开展第三阶段场地评估；
- 第三阶段为风险评价阶段。主要工作为根据采样结果进行健康风险分析评价，提出修复目标和修复范围。

4.2 场地评价终止条件

第一阶段场地环境评价认为场地可能存在污染时，则应进入第二阶段工作；在第二阶段工作中，一旦确定场地已经受到污染，则需进行详细采样分析和第三阶段的环境风险评价。根据场地污染状况，场地环境评价可以终止于任何一个阶段。

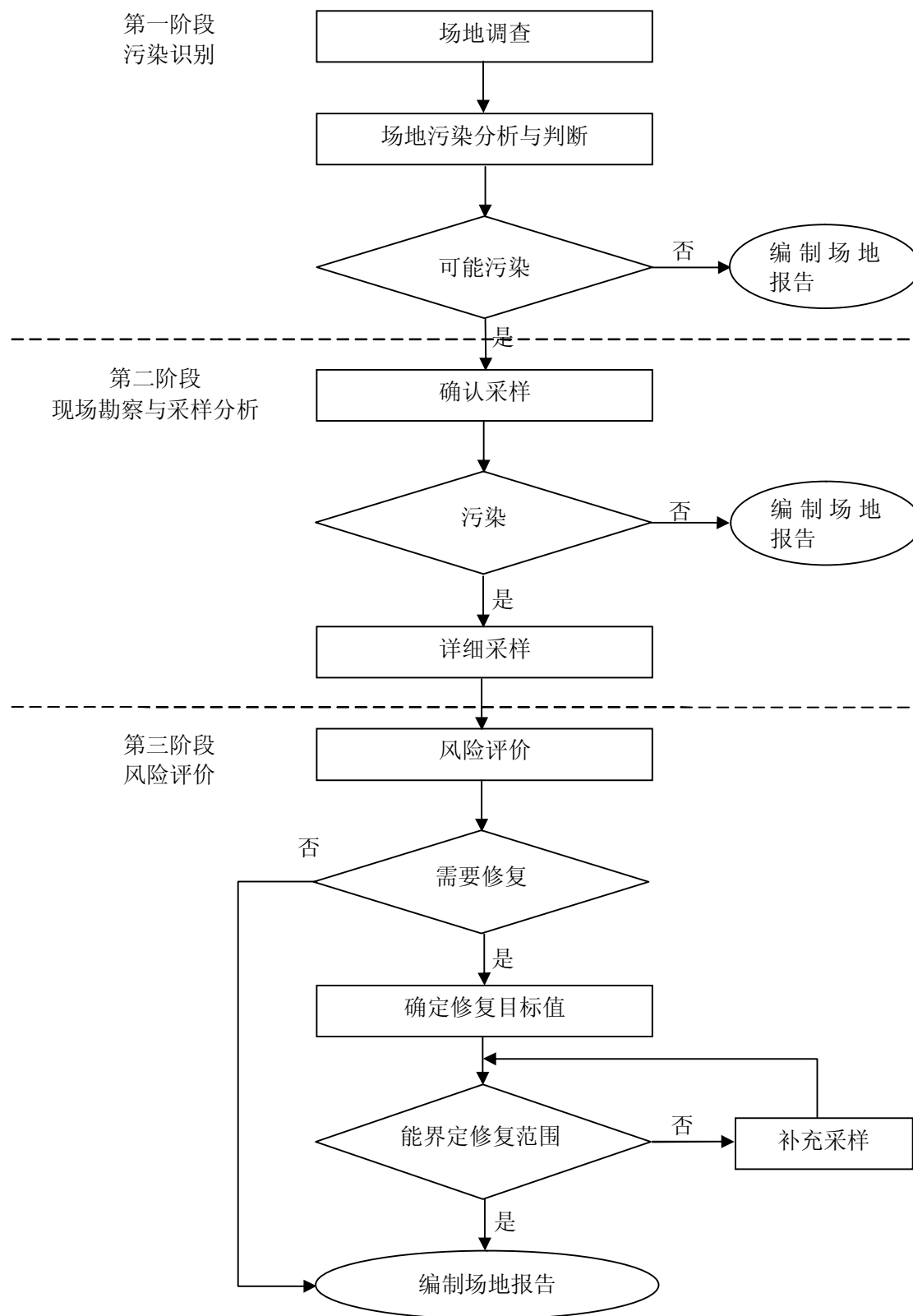


图1 场地环境评价工作程序

5 第一阶段——污染识别

5.1 第一阶段场地评价工作内容

第一阶段场地评价主要工作内容包括：

- a) 资料收集与文件审核；
- b) 现场踏勘；
- c) 相关人员的访谈；
- d) 场地环境污染初步分析；
- e) 编写第一阶段场地环境评价报告。

5.2 资料收集与文件审核

5.2.1 自然环境状况

重点收集当地的地质、水文地质资料和气象气候资料。地质及水文地质资料包括地形地貌、水文地质、土壤及土层结构和地表水等内容。气象气候资料包括气温、降水、主导风向、平均风速等内容。

5.2.2 场地基本信息

收集场地的名称、地理位置、建厂时间、占地面积、职工人数、产值、主要产品及产量、主要原材料及用量。

5.2.3 场地主要生产装置及附属设施分布情况

收集和了解场地生产装置、附属装置及污染治理设施名称及数量，生产工艺流程，主要产污节点、污染排放情况及污染事故。特别是污染物产生和排放装置、污水管线、污水处理站、各种罐槽分布等。

5.2.4 有毒有害化学品和石油产品情况

收集场地生产过程中生产或使用的有毒有害化学品和石油产品的种类、使用和贮存数量，贮存设施及使用状况、有毒有害物质的排放和处理状况。

5.2.5 场地土地利用及变迁

收集场地历史土地利用状况，重点收集场地作为工业用地的生产及污染状况，收集资料内容同

5.2.2~5.2.4。

5.2.6 资料清单

应尽量收集但不仅限于下列文件或文字材料：

- a) 过去做过的场地环境评价报告；
- b) 过去做过的环境影响评价报告书（表）；
- c) 过去做过的各类场地环境监测报告；
- d) 污染排放记录、排污登记和排污许可证；
- e) 生产工艺流程图及文字说明；
- f) 使用过的化学品清单（种类和数量）及化学物质安全说明；
- g) 地下和地上储藏池（库）的相关材料；
- h) 各种管网分布图，如污水管网和物料输送管线分布图等；
- i) 场地水文地质资料；
- j) 有关企业环境管理的文件；
- k) 企业生产设施和污染防治设施清单及分布图；
- l) 污染防治设施运行状况记录；
- m) 各类环境污染事故记录；
- n) 建议收集场地内部及周边的地形图、卫星遥感图像或航空图像；
- o) 土地使用权证明及变更记录、房屋拆除记录等信息。

5.2.7 文件审核

通过对工艺、原材料及储存和使用设施等相关的文件审核，分析场地可能涉及的危险物质，及这些危险物质使用、存储区域。

5.3 现场踏勘

5.3.1 场地污染痕迹的踏勘

调查场地污染痕迹，如植被损害、各种容器及排污设施损坏和腐蚀痕迹，场地内的气味，地面、屋顶及墙壁的污渍和腐蚀痕迹等。

5.3.2 危险物质和石油产品的使用与存储的踏勘

危险物质和石油产品的使用与存储的踏勘内容如下：

- a) 使用的危险物质及石油产品的种类、数量、涉及的容器和储存条件，包括没有封闭或发生损坏的储存容器的数量、容器类型；
- b) 地上、地下储存设施及其配套的输送管线情况，应记录储存物质、容量、建设年代等内容。调查示例表参见附录 A；
- c) 调查各类集水池，考察其是否与危险物质或石油产品有关；
- d) 对于盛装未知物质的容器不管是否发生泄漏，均应进行调查，包括储存容器的数量、容器类型和储存条件；
- e) 电力及液压设备的场地是否使用含多氯联苯的设备；
- f) 对场地内道路、停车设施及与场地紧邻的市政道路情况进行调查，重点识别并察看可能运输危险物质和石油产品的进场路线；
- g) 考察上述现场是否有强烈的、刺鼻的或有毒的气味。

5.3.3 建（构）筑物调查

建（构）筑物调查内容如下：

- a) 调查建（构）筑物的现状及完善情况，如建筑物的数量、层数、大致年代等；
- b) 重点调查生产装置区、贮存区、废物处置场所等区域的地面铺装情况，是否存在由于生产装置的腐蚀和跑冒滴漏造成的地面、屋顶、墙壁的污渍和腐蚀痕迹；
- c) 采暖和制冷系统所用燃料的类型及贮存情况；
- d) 建（构）筑物及各种管线保温情况，重点关注石棉的使用、贮存等情况；
- e) 生产装置区、贮存区、废物处置场所等以外区域的室外地面铺装情况，地面污渍痕迹，及室外可能因污染引起的植被生长不正常情况；
- f) 生产排放的污水水质，相关的处理构筑物（如排水管、排水沟、水池等）的使用情况，污水处理系统的建设年代和处理工艺等；
- g) 明显堆积或填充废弃的建筑垃圾或其它固体废物形成的土堆、洼地等；
- h) 查看场地内所有的水井，是否存在颜色、气味等水质异常情况。

5.3.4 周边相邻区域的调查

周边相邻区域调查内容如下：

- a) 调查场地四周相邻企业，内容包括企业污染物排放源、污染物排放种类等，并分析其是否与评价场地污染存在关联；
- b) 调查场地附近 1km 范围内已确定的污染场地，重点调查已确认污染场地的关注污染物及影响该评价场地的可能性及主要途径。

5.3.5 场地应急清理

当现场勘查发现危险物质泄漏时，应迅速对泄漏情况及危害程度进行快速评估，并确定是否需要立即采取措施清除泄漏源。一旦确认需要进行紧急清除，则应立即通知场地业主和当地环境保护主管部门。

5.3.6 现场工作人员个人防护

现场工作人员应遵守安全法规，按照一定的程序和要求进行调查工作。必要时应在进入场地前进行专门的培训，并在企业有关工作人员带领下进行场地调查。

5.4 与相关人员、单位的访谈

与相关人员、单位访谈的要求如下：

- a) 访问现状土地产权单位和使用单位的相关知情人员，了解有关场地的生产历史变迁、生产工艺变化、原材料变化、各类污染物排放和处理处置设施的使用情况；
- b) 访问场地相邻地区居民和工作人员，了解场地及周边地区现状及历史土地利用情况；
- c) 访问当地环境保护主管部门，了解场地过去和现在的环境污染状况、环境事故，及其对场地环境的影响；
- d) 访问规划、土地等行政主管部门，了解场地使用的历史变迁以及未来利用规划等相关信息。

5.5 第一阶段场地环境污染分析

5.5.1 根据文件审核、现场勘察和相关人员访谈所掌握的场地信息，分析判断场地受到污染的可能性，具体内容和分析方法如下：

- a) 根据生产工艺、原辅材料、产品种类，以及排放废水、废气、固体废物等情况，分析场地可能存在的污染物种类；

- b) 根据场地生产装置、各种管线、有毒有害化学品及石油产品贮存设施、污染物排放方式、现场污染痕迹、污染物的迁移特性等，分析场地潜在污染区域；
- c) 对于所识别的潜在污染场地，初步建立场地概念模型，主要包括污染源、污染区域、主要污染介质、可能对场地和周边环境产生的影响。

5.5.2 出现下列，但不限于下列情景，进入第二阶段场地环境评价：

- 发现污染痕迹；
- 虽然没有发现污染痕迹，但生产中使用有毒有害化学品及石油产品或排放有毒有害物质的场地，如不能充分排除其对场地环境产生影响时，应作为潜在污染场地。

5.5.3 若第一阶段场地评价认为场地未受到污染，则场地评价结束，并编制第一阶段场地评价报告。若场地被认为存在潜在污染时，则无需编制报告，直接进入第二阶段评价。

5.6 第一阶段报告的编制

5.6.1 第一阶段场地评价报告内容应包括：

- a) 场地的基本情况；
- b) 场地调查主要工作内容：对文件审核、现场踏勘、人员访谈的相关工作内容。主要包括使用和排放的危险物质及使用量、污染痕迹等；
- c) 场地污染的初步分析结论及依据：给出场地环境污染的可能性及污染性质（包括可能的污染物及污染范围）的判断与分析结论；分析场地环境评价过程中的不确定因素对评价结论的影响；
- d) 判断场地污染与否的关键佐证材料应作为报告附件。

5.6.2 第一阶段场地环境评价报告可参照附录 B 的格式编写。

6 第二阶段——现场采样分析

6.1 第二阶段场地评价的工作内容

6.1.1 第二阶段场地评价的主要内容包括：

- a) 制定采样计划；
- b) 现场采样；
- c) 实验室分析；
- d) 采样结果评价；
- e) 编写第二阶段报告。

6.1.2 第二阶段可根据不同采样目的，进一步分为污染确认采样、详细采样两个不同阶段。污染确认采样是对疑似污染地点进行采样，确定场地是否存在污染及污染物的种类。如果污染确认采样表明场地已经受到污染，须对场地进行更为全面和详细的采样。

6.2 现场采样与实验室分析计划

6.2.1 制定现场采样与实验室分析计划

现场采样计划应包括下列内容：

- a) 采样目的；
- b) 采样点位、采样介质、采样深度；
- c) 现场钻孔技术与地下水监测井的设置；
- d) 样品收集、处理、保存技术与样品名称和编号方式；
- e) 分析项目与实验室分析方法；
- f) 现场质量保证与质量控制程序。

6.2.2 确定采样分析项目

分析项目应包括第一阶段场地评价中确定的场地生产、使用和排放过程涉及的危险物质。

6.2.3 污染确认采样布点要求

6.2.3.1 污染确认采样是对疑似污染的区域进行适量布点与采样分析，确定场地是否存在污染及污染物的种类。经采样确认场地未受到污染，则可以结束第二阶段工作。

6.2.3.2 污染确认采样采用判断布点，在场地污染识别的基础上，选择潜在污染区域进行布点，重点是场地内的储罐、污水管线、危险物质储存库、跑冒滴漏严重的生产装置区、受大气无组织排放影响严重的区域等。

6.2.3.3 采样点数目应足以判别可疑点是否被污染，在每个疑似污染地块内或设施下部布置不宜少于三个土壤或地下水采样点。

6.2.3.4 在场地内地下水上下游及污染区域内应至少设置三个地下水监测井，地下水监测井设点与土壤采样点并点考虑。

6.2.3.5 无法在疑似污染地块，特别是罐槽、污染设施等底部取样时，则应尽可能接近疑似污染地块且在污染物迁移的下游方向布置采样点。采样点和可能污染点相差距离较大时，应在设施拆除后，在设施底部补充确认采样。

6.2.3.6 采样深度可依据土层结构、地下水的深度、污染物进入土壤的途径及在土壤中的迁移规律、地面扰动深度来确定。

6.2.3.7 无特殊情况时，污染确认采样宜为深层采样。当第一层含水层为非承压类型，土壤钻孔或地下水监测井深度应至含水层底板顶部。

6.2.3.8 当第一层含水层为承压水或层间水时，结合是否设置地下水监测井来确定土壤钻孔深度或建井深度。在非建井情况，土壤采样深度应不超过第一层隔水层（含水层顶板）；建井情况下，应达到第一层含水层底板或当第一层含水层厚度大于 5m 时，建井深度应至少为地下水水面以下 5m。

6.2.3.9 有地下储存设施时，应在储存设施以下至浅水层底板，最少选取二至三个不同的深度进行取样。

6.2.3.10 当土层特性垂直变异较大时，应保证在不同性质土层至少有一个土壤样品。

6.2.3.11 当第一层含水层为非承压类型，采样点的具体设置如下：

- a) 表层：可根据土层性质变化及是否存在回填土等情况确定表层采样点的深度，表层采样点深度一般为 0m~1.5m；
- b) 表层与含水层之间：应至少保证一个采样点，当表层与隔水层的厚度在 5m 以上，可考虑增加采样点，采样点间距大于 3m，但小于 5m。各采样点的具体位置可根据便携式现场测试仪器、土壤污染目视判断（如异常气味和颜色等）来确定；
- c) 地下水位线：至少在地下水位线附近设置一个土壤采样点；
- d) 含水层：当地下水可能受污染时，应增加含水层采样点；
- e) 隔水层（含水层底板）：隔水层顶部（即含水层底板顶部）应设置一个土壤采样点。

6.2.3.12 当第一层含水层为承压水或层间水时，采样点的具体设置如下：

- a) 表层：可根据土层性质变化及是否存在回填土等情况确定表层采样点的深度，表层采样点深度一般为 0m~1.5m；
- b) 表层与上隔水层之间：应至少保证一个采样点。当表层与隔水层的厚度在 5m 以上，可考虑增加采样点，采样点间距大于 3m，但小于 5m。各采样点的具体位置可根据便携式现场测试仪器、土壤污染目视判断（如异常气味和颜色等）来确定；
- c) 隔水层：在隔水层顶部设置一个采样点。对于不需建井的钻孔，钻孔深度不应打穿相对隔水层（不透水层）；
- d) 地下水位线：当钻孔须建观测井时，则至少在地下水位线附近设置一个土壤采样点；
- e) 含水层及含水层底板：在地下水可能受污染的情况下，应增加含水层内及含水层底板采样点。

6.2.3.13 地下水监测一般以最易受污染的第一层含水层作为监测对象。当第二层含水层作为主要保护对象，且可能会受到污染时，应设置地下水监测组井，同时监测第一和第二层地下水。

6.2.3.14 无法确定场地过去的生产活动及各类污染装置的位置，宜采用网格布点，网格布点可按详细采样阶段的简化布点来确定采样点数目。

6.2.4 详细采样布点要求

6.2.4.1 当污染确认采样表明场地已经受到污染时，应对场地进行更为全面的详细采样。

6.2.4.2 场地详细采样布点采用网格均匀布点或判断加密布点。网格布点主要用于污染分布广泛的场地，而判断布点主要用于局部污染的场地。

6.2.4.3 网格布点个数应视所评价场地的面积及潜在污染源的数目确定，但最少不应少于表 1 中全面布点所列的数目。评价场地面积介于表 1 中两个场地面积之间时，采用内插法确定采样点数目。

表1 土壤及地下水采样布点最低数目

场地面积 m ²	全面布点		简化布点	
	土壤采样点 最低数目 个	地下水采样点最 低数目 个	土壤采样点 最低数目 个	地下水采样点最 低数目 个
5000 以下	7	3	3	3
5000	12 (20m×20m)	3	8 (25m×25m)	3
25000	28 (30m×30m)	3	17 (40m×40m)	3
100000	40 (50m×50m)	4	28 (60m×60m)	3
500000	78 (80m×80m)	8	50 (100m×100m)	5
大于 1000000	100 (100m×100m)	>10	69 (120m×120m)	>7

6.2.4.4 除石油加工、炼焦及核燃料加工业（核燃料除外）、化学原料及化学制品制造业、医药制造业、黑色金属冶炼及压延加工业等行业以外的其他行业，同时满足下列条件时，可采用表 1 中简化布点：

- a) 土地使用少于五年；
- b) 无污染事故记录；
- c) 没有设置地下储罐；
- d) 土地没有发现污渍，无随意存放化学品储存桶，化学品储存点附近的混凝土地面未出现裂缝，无非天然的颜色和异味，无弃置的管道、机械设备或容器等表面污染痕迹。

6.2.4.5 当场地污染为局部污染时，且热点地区（第一阶段及第二阶段确认采样所确认的污染地块）分布明确，采用判断布点法在污染热点地区及周边进行密集取样，布点范围应略大于判断的污染范围。当确定的“热点”区域范围较大时，也可采用更小的网格单元，在热点区域内及周边采用网格加密的方法布点。在非热点地区，应随机布置少量采样点，以尽量减少判断失误。随机布点数目不应低于总布点数的 5%。

6.2.4.6 深层采样点的布置应根据确认采样所揭示的污染物垂直分布规律来确定，但任何情况下，深层采样点数目不少于该区域采样点总数的 10%。深层采样点的布置应符合污染确认采样阶段的相关要求。

6.2.4.7 在详细采样阶段，应对场地进行土工试验，内容一般包括：含水量、天然密度、饱和度、孔隙比、孔隙率、塑限、塑性指数、液性指数、实验室垂直渗透系数和水平渗透系数以及粒径分布曲线等物理参数的测试。具体要求应符合 GB 50021 的规定。

6.3 现场采样

6.3.1 采样前的准备

根据采样计划，制定采样计划表，准备各种记录表单、必需的监控器材、足够的取样器材并进行消毒或预先清洗。

6.3.2 现场定位

应根据采样计划，对采样点进行定位测量（高程和坐标）。场地采样点定位可采用地物法和仪器测量法，可选择的仪器主要有经纬仪、水准仪、全站仪和高精度的全球定位仪。定位测量完成后，可用树桩、旗帜等器材标志采样点。

6.3.3 计划调整

下列情况下可调整采样计划：

- 当现场条件受限无法实施采样时，采样点位置可以根据现场情况进行适当调整；
- 现场状况和预期之间差异较大时，如现场水文地质条件与布点时的预期相差较大时，应根据现场水文地质勘测结果，调整布点或开展必要的补充采样。

6.3.4 土壤样品的采集

6.3.4.1 采样器的选择

采样器的选择要求如下：

- 对需要检测挥发性有机物的土壤样品，应选择非扰动采样器采样；
- 土工试验样品采集，取土器的选择执行 GB 50021 中的规定。

6.3.4.2 表层土采样

表层土采样要求如下：

- a) 表层土采样可以使用手工采样和螺旋钻采样；
- b) 手工采样是先用铁锹、铲子和泥铲等工具将地表物质去除，并挖掘到指定深度，然后用不锈钢或塑料铲子等进行样本采集。不应使用铬合金或其他相似质地的工具；
- c) 螺旋钻采样是先钻孔达到所需深度后，获得一定高度的土柱，然后用不锈钢或塑料铲子去除土柱外围的土壤，获取土芯作为土壤样品；
- d) 收集土壤样时，应该把表层硬化地面和一些大的砾石、树枝剔除。

6.3.4.3 深层土钻孔与采样技术

对于需进行深层土壤采样和地下水采样时，应根据现场所在地区的地层条件、现场作业条件和采样要求选择钻探技术。不同钻探技术的适用条件参见附录 C，现场采样记录单样式参见附录 D。

6.3.4.4 挥发性有机污染物采样方法

用非扰动采样器将土样直接推入顶空瓶中。现场采样时，可采用手持式实时分析仪器进行顶空法测试。

6.3.5 地下水监测井设置与地下水采样

6.3.5.1 建井

监测井的设置包括钻孔、下管、填砾及止水、井台构筑等步骤。监测井所采用的构筑材料不应改变地下水的化学成分。不应采用裸井作为地下水水质监测井。建井的具体技术要求及针对不同检测物质应选用的构筑材料参见附录 E，建井记录单参见附录 D。

6.3.5.2 洗井

洗井一般分二次，即建井后的洗井和采样前的洗井。在洗井前后及洗井过程中应至少监测 pH 值、电导率、浊度、水温及记录水的颜色、气味等，条件许可时，还应监测氧化还原电位、溶解氧和总溶解盐含量。建井后的洗井首先要求直观判断水质基本上达到水清砂净，同时 pH 值、电导率、浊度、水温等监测参数值达到稳定，即浊度等参数测试结果连续三次浮动在±10%以内，或浊度小于 50 个浊度单位。取样前的洗井应至少在第一次洗井 24 小时后开始，其洗出的水量至少要达到井中贮水体积的三倍，同时要求 pH 值、电导率、氧化还原电位、溶解氧、浊度、水温等水质参数值稳定，但原则上洗出的水量不高于井中贮水体积的五倍。洗井一般可采用贝勒管、地面泵和潜水泵。

6.3.5.3 样品采集方法

地下水采样应在采样前的洗井完成后两小时内完成。水样采集可使用一次性贝勒管，要做到一井一管。如条件许可，也可采用电动或手动泵进行采样。

6.3.5.4 取水位置

一般在井中贮水的中部，但当水中含有重质非水相液体时，取水位置应在含水层底部和不透水层的顶部；水中含有轻质非水相液体时，取水位置应在油层的顶部。

6.3.6 现场二次污染防治

每个采样点钻探结束后，应将所有剩余的废弃土装入垃圾袋内，统一运往指定地点储存；洗井及设备清洗废水应使用塑料容器进行收集，不应任意排放。

6.3.7 现场采样的质量保证

6.3.7.1 防止采样过程中的交叉污染

在两个钻孔之间钻探设备应该进行清洁，同一钻孔不同深度采样时也应应对钻探设备、取样装置进行清洗，与土壤接触的其他采样工具重复使用时也应清洗。现场采样设备和取样装置的清洗方法可参照如下程序：

- a) 用刷子刷洗、空气鼓风、湿鼓风、高压水或低压水冲洗等方法去除黏附较多的污染物；
- b) 用肥皂水等不含磷洗涤剂洗掉可见颗粒物和残余的油类物质；
- c) 用水流或高压水冲洗去除残余的洗涤剂，自来水应为经水处理系统处理的饮用水；
- d) 用蒸馏水或去离子水冲洗；
- e) 当采集的样品中含有金属类污染物时，须用 10%的硝酸冲洗，不存在金属污染物的场地，此步骤可省略；
- f) 用蒸馏水或去离子水冲洗；
- g) 当采集样品中含有有机污染物时，应用色谱级有机溶剂进行清洗，常用的有机溶剂有丙酮、己烷等，其中丙酮适用于多数情况，己烷适用于多氯联苯（PCB）污染的情况；当样品要进行目标

化合物列表分析时，用以清洗的溶剂应选用易挥发物质，对于不存在有机污染物的场地，此步骤可省略；

- h) 用蒸馏水或去离子水冲洗；
- i) 用空气吹干后，用塑料或铝箔包好设备。

6.3.7.2 现场质量控制样

现场采样控制样要求如下：

- a) 一般包括现场平行样、现场空白样、运输空白样、清洗空白样等；
- b) 质量控制样的总数应不少于总样品数的 10%。

6.3.8 样品的保存与运输

6.3.8.1 应针对不同检测项目选择不同样品保存方式，无机物通常用塑料瓶（袋）收集样品，挥发性和半挥发性有机物宜使用具有聚四氟乙烯密封垫的直口螺口瓶收集样品。样品的保存要求参见附录表 C.2。

6.3.8.2 应采用冷藏保温箱运输，并在保存时限内运至试验室。

6.3.9 现场人员个人防护

6.3.9.1 应根据国家有关危险物质使用及健康安全等相关法规制定现场人员安全防护计划，并对相关人员进行必要的培训。

6.3.9.2 现场人员必须按有关规定，使用个人防护装备。

6.3.9.3 严格执行现场设备操作规范，防止因设备使用不当造成的各类工伤事故。

6.3.9.4 对现场危险区域，如深井、水池等应进行标示。

6.3.10 现场污染应急处理

当现场评价过程中发现存在危险物质泄漏时，应对泄漏情况及危害程度进行快速评估，并确定是否需要立即采取措施清除泄漏源。一旦确认需要进行紧急清除，则应立即通知场地业主和当地环保部门。

6.4 实验室分析

6.4.1 实验室应选择依法通过省市级以上质量技术监督局认证或中国合格评定国家认可委员会认可的实验室。

6.4.2 样品分析方法首选国家标准和规范中规定的分析方法，对国内没有标准分析方法的项目，见附录 F 中的分析方法。

6.4.3 应设置质量控制样（标准物）。质量控制样的频次建议每 20 个样品设置一个质控样，也可根据情况适当调整。质量控制样品，包括土壤和地下水，应不少于总检测样品的 10%。

6.4.4 场地环境评价报告中应列出实验室分析条件，采用的主要仪器，各种物质的检测方法、检出限和质量控制结果。

6.5 第二阶段确认采样数据评价

6.5.1 数据质量分析

第二阶段的每次采样分析之后，均应对数据质量进行分析。数据质量分析包括：

- a) 数据分析结果是否满足相应的实验室的数据质量保证要求；
- b) 通过采样过程中了解的地下水埋深、地下水流向、土壤特性和土壤厚度等情况，分析数据的代表性。

6.5.2 场地的风险筛选评价

6.5.2.1 将污染确认采样结果与场地污染筛选值进行比较，当检测结果低于筛选值时，表明场地未受污染，可以结束场地评价工作。

6.5.2.2 风险筛选评价方法为将采样结果与基于风险的筛选值进行比较，筛选值可选用美国 EPA 土壤通用筛选值，参见附录 G，对其中未列出的物质采用风险评价确定筛选值。当国家或北京市颁布相关标准后，按新标准执行。

6.5.3 不确定性分析

场地采样过程可能受地下管网（如煤气管、电缆）、建筑物等影响而无法按计划实施，场地评价人员应分析上述影响对结论带来的不确定性，以及提出在场地障碍物清除后，是否需要开展场地的补充评价。

6.5.4 若确定场地已污染，应进入第三阶段场地评价。若污染确认采样认为场地未受到污染，则场地评价结束，并编制第二阶段场地评价报告。

6.6 第二阶段报告的编制

6.6.1 场地评价第二阶段报告应至少包括以下内容:

- a) 场地污染识别, 包括场地基本信息、主要污染物种类和来源及可能污染的重点区域;
- b) 现场采样与实验室分析, 包括采样计划、采样与分析方法、质量控制;
- c) 场地污染风险筛选及场地环境污染评价的结论和建议。

6.6.2 第二阶段场地环境评价报告可参照附录 B 的格式编写。

7 第三阶段——风险评价

7.1 第三阶段场地评价的工作内容

7.1.1 第三阶段场地评价的主要内容包括:

- a) 健康风险评价及修复目标的确定;
- b) 补充采样;
- c) 划定修复范围。

7.1.2 根据第二阶段现场采样结果进行健康风险评价, 由风险评价确定是否修复, 如需修复, 则进一步确定修复目标值和划定场地修复范围。当现有采样点位不能准确划定修复范围时, 应进行一次或多次补充采样, 直至能准确划定修复范围为止。

7.2 建立场地概念模型

7.2.1 确定场地主要污染源及其向环境释放的方式。

7.2.2 根据污染场地未来用地规划, 分析和确定未来受污染场地影响的人群。

7.2.3 根据污染物及其环境介质的特性, 分析污染物在环境介质中的迁移和转化。

7.2.4 根据未来人群的活动规律和污染在环境介质的迁移规律, 分析和确定未来人群接触污染物的暴露点, 并进一步确定暴露方式。

7.2.5 在污染源、污染物在环境中的迁移和转化、暴露点和暴露方式和受体分析的基础上, 分析和建立暴露途径。

7.2.6 综合各种暴露途径, 建立场地污染概念模型。

7.3 风险计算

7.3.1 暴露点浓度计算

当场地污染的空间分布相对均匀或分析数据呈正态分布时, 可将整个场地作为暴露点, 其暴露点浓度可采用污染介质所有采样点浓度的 95%置信水平上限值作为暴露点浓度进行风险计算; 当场地为局部污染时, 可采用局部区域的采样点浓度 95%置信水平上限值, 或最大值作为暴露点浓度。

7.3.2 摄入量计算

7.3.2.1 因不慎直接摄入土壤而摄入的污染物质按式 (1) 计算:

$$EDI_{\text{直接摄入}} = \frac{CS \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式 (1) 中:

$EDI_{\text{直接摄入}}$ ——直接摄入土壤中污染物质, 单位为毫克每千克天 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$);

CS ——土壤中化学物质浓度, 单位为毫克每千克 (mg/kg);

IR ——土壤摄入量, 单位为毫克每天 (mg/d);

EF ——暴露频率, 单位为天每年 (d/a);

ED ——暴露年限, 单位为年 (a);

BW ——体重, 单位为千克 (kg);

AT ——平均作用时间(对致癌物质是指整个生命周期, 对非致癌物质是指暴露周期), 单位为天(d)。

7.3.2.2 通过皮肤直接接触土壤, 因皮肤吸收而摄入土壤污染物质用式 (2) 计算:

$$EDI_{\text{皮肤接触摄入}} = \frac{CS \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式 (2) 中:

$EDI_{\text{皮肤接触摄入}}$ ——皮肤接触摄入土壤中污染物质, 单位为毫克每千克天 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$);

CS ——化学物质与土壤中的浓度, 单位为毫克每千克 (mg/kg);

SA ——可能接触土壤的皮肤面积, 单位为平方厘米每天 (cm^2/d);

AF ——土壤对皮肤的吸附系数, 单位毫克每平方厘米 (mg/cm^2);

ABS ——皮肤吸收率, %;

其他符号同上。

7.3.2.3 通过呼吸吸入土壤尘而摄入污染物质按式(3)计算:

$$EDI_{\text{土壤尘吸入}} = \frac{CS \times (1/PEF) \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (3)$$

式(3)中:

$EDI_{\text{土壤尘吸入}}$ ——呼吸吸入土壤尘中污染物质,单位为毫克每千克天($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$);

CS ——土壤中化学物质浓度,单位为毫克每千克(mg/kg);

IR ——空气摄入量,单位为立方米每天(m^3/d);

PEF ——土壤尘产生因子,单位为立方米每千克(m^3/kg);

其他符号同上。

7.3.2.4 通过呼吸土壤或地下水中的挥发性污染物而摄入的污染物质按式(4)计算:

$$EDI_{\text{挥发性物质吸入}} = \frac{CA \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (4)$$

式(4)中:

$EDI_{\text{挥发性物质吸入}}$ ——吸入挥发性污染物质,单位为毫克每千克天($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$);

CA ——空气中挥发性污染物浓度(由7.3.3扩散模型计算获得),单位为毫克每立方米(mg/m^3);

IR ——空气摄入量,单位为立方米每天(m^3/d);

其他符号同上。

土壤中污染物质的挥发造成的空气中污染物质浓度可按式(5)计算:

$$CA = CS \times VF_s \times 1000 \dots\dots\dots (5)$$

式(5)中:

CA ——空气中污染物质浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

CS ——土壤中污染物质浓度,单位为毫克每千克(mg/kg);

VF_s ——土壤污染物质至空气中的挥发性因子(不同情景下的 VF_s 计算方法参见附录H), $\text{g}(\text{土壤})/\text{cm}^3(\text{空气})$ 。

地下水中污染物质的挥发造成的空气中污染物质浓度按式(6)计算:

$$CA = CW \times VF_{gw} \times 1000 \dots\dots\dots (6)$$

式(6)中:

CA ——空气中污染物质浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

CW ——地下水中污染物质浓度,单位为毫克每升(mg/L);

VF_{gw} ——地下水中污染物质至空气中的挥发性因子(不同情景下的 VF_{gw} 计算方法参见附录H), $\text{cm}^3(\text{水})/\text{cm}^3(\text{空气})$ 。

7.3.2.5 通过饮用污染的地下水摄入的污染物质按式(7)计算:

$$EDI_{\text{饮水摄入}} = \frac{CW \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (7)$$

式(7)中:

$EDI_{\text{饮水摄入}}$ ——饮水摄入污染物质,单位为毫克每千克天($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$);

CW ——饮用水中污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

IR ——饮用水摄入量,单位为升每天(L/d);

其他符号同上。

7.3.2.6 某种污染物的不同途径的总摄入量按式(8)计算:

$$EDI_i = EDI_{\text{直接摄入}} + EDI_{\text{皮肤接触摄入}} + EDI_{\text{土壤尘吸入}} + EDI_{\text{挥发性物质吸入}} + EDI_{\text{饮水摄入}} \dots\dots\dots (8)$$

式(8)中:

i ——某种污染物。

7.3.3 迁移转化模型

7.3.3.1 污染源和暴露点不在同一位置时,应采用相关扩散模型确定暴露点介质污染物的浓度。

7.3.3.2 污染场地产生的挥发性污染物在周围大气环境中的扩散推荐采用HJ 2.2中的相关模式。

7.3.3.3 污染物在地下水的迁移扩散模型可采用相关地下水扩散模型。

7.3.4 风险水平计算模型

风险分析一般包括致癌和非致癌两种不同的健康影响风险。

7.3.4.1 致癌风险水平是通过平均到整个生命期的平均每天摄入量乘以经口、经皮肤或呼吸吸入致癌斜率系数计算得出。即：

$$HI_i = EDI_i \times SF \dots\dots\dots (9)$$

式(9)中：

HI_i ——某种污染物不同摄入途径的致癌风险水平；

EDI_i ——某种污染物平均每天不同途径的污染物摄入量，单位为毫克每千克天 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$)；

SF ——各类途径的致癌风险斜率系数(参见附录 H)，($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$)⁻¹。

对于因呼吸吸入挥发性污染物质引起的致癌风险也可以用单位致癌风险因子计算，计算方法如下：

$$HI_i = EDI_i \times \frac{BW}{IR} \times URF \times 1000 \dots\dots\dots (10)$$

式(10)中：

BW ——体重，单位为千克 (kg)；

IR ——空气摄入量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

URF ——物质吸入的单位致癌风险因子(参见附录 H)，($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹。

每种污染物的总致癌风险等于各种途径致癌风险水平的总和。

7.3.4.2 非致癌风险水平可通过平均到整个暴露作用期的每天摄入量除以每一途径的慢性参考剂量来计算。即：

$$HI_i = \frac{EDI_i}{RfD} \dots\dots\dots (11)$$

式(11)中：

HI ——不同摄入途径的非致癌风险水平；

EDI ——平均每天不同途径的污染物摄入量，毫克每千克天 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$)；

RfD ——各类途径的慢性参考剂量(参见附录 H)，毫克每千克天 ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$)。

对于因呼吸吸入挥发性污染物质引起的非致癌风险也可以用呼吸参考浓度计算，计算方法如下：

$$HI_i = EDI_i \times \frac{BW}{IR \times RfC} \dots\dots\dots (12)$$

式(12)中：

RfC ——物质吸入的非致癌参考浓度(参见附录 H)，单位为毫克每立方米 (mg/m^3)；

其他符号同上。

每种污染物总的非致癌风险等于通过各种途径非致癌风险水平的总和。

7.4 风险计算相关参数的确定

7.4.1 场地特征参数

场地特征参数包括计算污染物在地下水、土壤和大气间迁移引发的健康风险时需要的土壤、地下水和大气等的物理参数，这些参数一般通过第二阶段现场勘察与采样分析获得。

7.4.2 暴露参数

暴露参数包括暴露频率、暴露期、土壤和地下水的摄入量和人体的相关参数。人体相关参数如体重、寿命、空气呼吸率和日饮水量等主要依据国内的相关统计数据确定。土壤经口摄入量、暴露频率和暴露期等相关参数在美国 EPA 推荐值基础上结合国内实际修正得到，参见附录 H 中表 H.2 和表 H.3。

7.4.3 毒性参数

毒性参数包括计算非致癌风险的慢性参考剂量(非挥发性有机污染物)和参考浓度(挥发性有机污染物)；计算致癌风险的致癌斜率(非挥发性有机污染物)和致癌风险参考浓度，常见污染物的毒性参数参见附录 H 中表 H.1。

7.5 风险可接受水平

污染物的非致癌风险水平取 1。

单个污染物的致癌风险可接受水平 (HI) 采用 10^{-6} ，单个污染物的致癌风险按式(13)计算：

$$HI_i = HI_{\text{直接摄入}} + HI_{\text{皮肤接触摄入}} + HI_{\text{土壤尘吸入}} + HI_{\text{挥发性物质吸入}} + HI_{\text{饮水摄入}} \dots\dots\dots (13)$$

式(13)中:

i ——某种污染物。

所有污染物的累积致癌风险可接受水平采用 10^{-4} 来确定污染的风险或修复目标。累积致癌风险按下式计算:

$$HI = \sum_{i=1}^n HI_i \dots\dots\dots (14)$$

7.6 确定修复目标和修复范围

7.6.1 修复目标的确定

7.6.1.1 污染物的场地修复目标是以风险可接受水平作为风险评价基准,按照风险计算的暴露情景反推得到。对于多种污染物和多种暴露途径的场地,应按累计风险确定修复目标。

7.6.1.2 在确定修复目标时,还应参考该污染物的检出限、评价地区的土壤和地下水的背景值、当地的法律法规和修复技术的可行性。模型计算的修复目标不应低于当地的背景值,否则应根据背景值,并参考国外相关的文献或法律法规进行调整。

7.6.1.3 当模型计算的修复目标高于当地的法律法规的规定要求时,修复目标应满足当地的法律法规的要求,并考虑经济和技术可行性。

7.6.2 修复范围的确定

7.6.2.1 将第二阶段的采样分析结果绘制成等值线图,与场地修复目标相对照,可以初步确定出修复区域。

7.6.2.2 若等值线图不能完全反映场地实际情况,可结合监测点位置、生产设施分布情况及污染物的迁移转化规律对修复范围进行修正。

7.6.2.3 修复范围应根据不同深度的污染程度分别划定。

7.7 补充采样

当第二阶段采样不能满足划定场地污染修复范围的要求时,将采用判断布点法进行一次或多次补充采样,直至有足够数据划定污染修复范围为止。

7.8 第三阶段场地评价报告编制

7.8.1 第三阶段场地评价报告应至少包括内容:场地基本信息,场地污染识别与场地污染概念模型,现场采样与实验室分析,风险评价与修复目标和修复范围,场地环境评价的结论和建议。

7.8.2 第三阶段场地环境评价报告可参照附录 B 的格式编写。

附 录 A

(资料性附录)

地下和地上储藏池(库)调查示例表

A.1 地下和地上储藏池(库)的一般信息调查表

见表A.1。

表 A.1 地下和地上储藏池(库)的一般信息调查表

储藏池(库)编号	地下或地上储藏池(库)	地点	用途	运营或使用状况 [#]	建造时间

注 1: #正在使用或已废弃。
注 2: 对有毒有害物质的储藏池(库), 应填写专门地下和地上储藏池(库)调查表格, 见地下或地上储藏池(库)调查表。

A.2 地下或地上储藏池(库)调查表

地下或地上储藏池(库)应调查如下内容:

- a) 数量: 地下储藏池(库)的数量; 地上储藏池(库)的数量。
b) 位置: 附场地平面或设施平面图, 并描述储藏池(库)的位置, 包括储藏池(库)周围的地下水监测井、水池、污水管线、公共设施管线和雨水管线等。
c) 业主及储藏池(库)的管理。

按表 A.2 填写, 可增加空行。

表 A.2 地下或地上储藏池(库)调查表

储藏池(库)编号	地下或地上储藏池(库)	产权单位	使用单位	产权单位与使用单位的关系

d) 储藏池(库), 按表 A.3 填写。

表 A.3 储藏池(库)

储藏池(库)编号	储藏容量	储藏池(库)建筑材料	管线材料	存放物品	储藏是否符合有关标准(标准名称)	防渗层	泄漏监视系统*	是否发生泄漏事件(是/否)	泄漏后采取的行动**

注 1: *监视系统: (a) 空隙监视, (b) 挥发物监视, (c) 地下水监视, (d) 储藏池(库)密封性监视, (e) 人工或自动库存监测, (f) 储藏物品库存控制监视。
注 2: **泄漏后采取的行动: (a) 泄漏事故调查, (b) 应急治理, (c) 消除污染土壤, (d) 收集挥发物, (e) 填实填料, (f) 其他。

e) 是否有关闭停止使用储藏池(库)的情况: 是 ☐ 否 ☐f) 是否有地下水监测井: 是 ☐ 否 ☐g) 是否有最近两年保存完好的监测数据或报告: 是 ☐ 否 ☐ 如有, 列出报告名称, 见表 A.4。

表 A.4 最近两年保存完好的监测数据或报告

文件名称	文件编制日期

附 录 B

（资料性附录）

不同阶段场地环境评价报告编写示例

B.1 第一阶段场地环境评价报告编写提纲示例

1.0 概述（引言）

2.0 地理位置及场地自然环境状况

3.0 场地及周边土地业主及土地利用状况

3.1 现状及历史场地业主状况

3.2 场地使用历史回顾

3.3 场地土地利用现状

3.4 用地规划

3.5 周边地区历史、现状的业主及土地利用状况概述

4.0 场地调查

4.1 场地主要活动调查

4.1.1 场地一般环境描述

4.1.2 场地现状建筑

4.1.3 生产工艺及规模

4.1.4 生产设施及污染物排放

4.1.5 罐、槽等储存设施及污水管线分布和污染

4.1.6 实验室操作、使用和仪器

4.1.7 主要设施记录表

4.1.8 其他信息

4.2 场地环境污染调查

4.2.1 废水

4.2.2 固体废物

4.2.3 有毒有害化学物质

4.2.4 污染事故调查

（不限于以上内容，可根据实际情况调整）

5.0 场地环境状况的分析与判断

6.0 场地环境评价结论和建议

附件

场地图件（包括平面布置图、工艺流程图、现场照片等，也可为报告插图）（必备）

场地业主变更记录

航空照片

化学物品的使用及设施清单

以往的土壤、地下水监测数据

以往的污染物排放监测数据

场地过去治理的有关记录

B.2 场地环境评价第二阶段报告编写提纲示例

1.0 总论

2.0 第一阶段——污染识别（参考 B.1）

3.0 第二阶段——现场勘察与采样分析

3.1 采样计划

3.1.1 采样目的

3.1.2 采样类型及布点情况

3.1.3 分析项目

- 3.1.4 现场质量保证与质量控制程序
- 3.2 污染确认采样及结果分析
 - 3.2.1 现场采样及质量保证
 - 3.2.2 实验室分析及质量保证
 - 3.2.3 检测结果分析
- 3.3 详细采样及结果分析
 - 3.2.1 现场采样及质量保证
 - 3.2.2 实验室分析及质量保证
 - 3.2.3 检测结果分析
- 3.4 场地水文地质勘察及土工实验
- 4.0 场地风险筛选评价
- 5.0 结论
- 附件
- 采样点位置和深度分布图（必备）
- 现场采样钻井记录
- 实验室检测数据报告（必备）
- 水文地质勘察报告及附图（必备）
- 实验室检测资质（必备）
- 采样及水文地质勘察资质（必备）

B.3 场地环境评价第三阶段报告编写提纲示例

- 1.0 总论
- 2.0 第一阶段——污染识别（参考 B.1）
- 3.0 第二阶段——现场勘察与采样分析（参考 B.2）
- 4.0 第三阶段——风险评价
 - 4.1 场地概念模型建立
 - 4.1.1 规划情景下暴露途径和关注污染物的确定
 - 4.1.2 暴露点浓度确定
 - 4.1.3 场地概念模型建立
 - 4.2 健康风险计算
 - 4.2.1 风险计算模型选择
 - 4.2.2 风险计算参数的选择
 - 4.2.3 规划情景下的风险计算
 - 4.3 修复目标和修复范围确定
 - 4.3.1 修复目标
 - 4.3.2 修复范围估计
 - 4.4 补充采样（可选）
 - 4.4.1 补充采样计划
 - 4.4.2 现场采样及实验室分析
 - 4.4.3 检测结果分析
 - 4.5 风险评价的基本结论
- 5.0 修复建议（可选）
- 6.0 结论与建议
- 附件
- 场地地形及位置
- 采样位置及设计
- 场地安全与健康保障计划
- 现场调查与钻井记录
- 采样与数据分析质量保障 / 控制程序
- 实验分析结果

DB11/T 656—2009

污染分布图

附 录 C

(资料性附录)
土壤采样技术

C.1 钻探技术

用于场地环境评价的钻探技术需结合场地所在地区的地层条件、场地钻探的作业条件和场地勘察的方案要求来选择经济有效的钻探方法。表 C.1 列出北京市场地环境评价中的常用的钻探方法及其优缺点。

表 C.1 常用的场地钻探方法

勘探方法	优点	缺点
探坑法： 采用人工挖掘(深度一般不宜超过 1.2m，除非有足够安全的支护措施)或采用轮式/履带式的挖掘机(最大深度约为 4.5m)。	(1)可从平面(x,y)和深度(d)三维的角度来描述地层条件。 (2)易于取得大试样。 (3)成效快且造价低。 (4)可采集未经扰动的试样。 (5)适用于多种地面条件。 通过挖掘可以观察到土壤的新鲜面，记录颜色和岩性等基本信息，还可以给开挖出来的土样拍照，并记录照片信息。	(1)挖掘深度会受挖掘机械的规格限制。 (2)污染物存在和运移的媒介暴露于空气中，会造成污染物变质及挥发性物质的挥发。 (3)不适合在地下水位以下取样。 (4)对场地的破坏程度较大，需要特别注意，防止挖掘出来的污染土壤再次污染周围区域的土壤，因此挖出的污染土壤需要进行处理，减少污染物质暴露带来的二次污染。 (5)与钻孔勘探方法相比，这种方法产生的弃土较多。 (6)污染物更易于传播到空气或水体当中。还需要回填清洁材料(以达到地面恢复目的)。
手工钻探法： 采用人工操作，最大钻进深度一般不超过 10m。	(1)可用于地层校验和采集设计深度的土样。 (2)适用于松散的人工堆积层和第四纪沉积的粉土、粘性土地层，即不含大块碎石等障碍物的地层。 (3)对于难以进入的场地，本法比较方便有效。	(1)受地层的坚硬程度和人为因素影响较大，当有碎石等障碍物存在时，则很难继续钻进。 (2)由于会有杂物掉进勘探孔中，可能导致土样交叉污染。 (3)只能获得体积较小的土样。
钢索冲击钻探法	(1)与探坑或手工钻探法相比，此种方法能够达到的钻进深度更深。 (2)可建成永久的取水样/水位监测井。 (3)可穿透多种地层。 (4)对健康安全和地面环境的负面影响较小。 (5)可以采集未经扰动的试样。 (6)可采集到完整的试样，包括污染物分析试样、岩土工程勘察试样、气体/地下水试样，还可用于地下水和地下气体监测井建井。	(1)与探坑或手用螺旋钻探法相比，此种方法成本高，耗时长。 (2)不如探坑法获得地层的感性认识直观。 (3)需要处置从钻孔中钻探出来的废弃物。 (4)没有探坑法采集的试样体积大。 (5)这种技术会扰动土样，并使污染物质流失。
液压动力锤干式旋转冲击钻探法	(1)干式旋转冲击钻进技术适用于多种岩性的地层，包括岩层。 (2)冲击与旋转钻进相结合可以减小土芯热效应的影响。 (3)可以获得长度大于 1 米的原状岩芯样。 (4)如果土层中不含卵石，也可以使用空心螺旋钻杆和劈式勺钻取样器。	(1)旋转钻进会产生土芯热效应。 (2)干式钻进对钻头的磨损比较大，由此产生的成本相对较高。

C.2 样品的保存与运输

土壤样品保存方式根据土壤样品分析项目不同而不同，对无机物通常用塑料瓶或玻璃瓶收集样品，挥发性和半挥发性有机物宜使用具有聚四氟乙烯密封垫的直口螺口瓶收集样品。具体的土壤样品收集器见表 C.2。

表 C.2 容器、保存技术、样品体积以及保存时间的要求

监测项目	容器 ^a	保存条件	样品最小体积或重量	最大保留时间
金属				
六价铬	P, G, T	4℃ 低温保存	500ml (水); 8 ounce (土壤 ^b)	24 小时 (水); 萃取前 30 天, 萃取后 4 天 (土壤)
汞	P, G, T	加 HNO ₃ 使 pH<2, 4℃ 低温保存	500 ml (水); 8 ounce (土壤)	28 天 (水和土壤)
其他金属 (除六价铬和汞)	P, G, T	加 HNO ₃ 使 pH<2, 4℃ 低温保存	500 ml (水); 8 ounce (土壤)	180 天 (水和土壤)
有机化合物				
总石油烃 (TPH) -可挥发	G, 用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖	4℃ 低温保存, 加 HCl 使 pH<2	2×40 mL (水); 4 ounce (土壤)	14 天 (水或土壤); 无酸保护则为 7 天
总石油烃 (TPH) -可萃取	G, 用琥珀密封瓶盖	4℃ 低温保存	1 L (水); 8 ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
可挥发性芳香卤代烃	G, 用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖	4℃ 低温保存, 加 HCl 使 pH<2, 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃	2×40mL (水); 4 ounce (土壤)	14 天 (水和土壤); 无酸保护则为 7 天
亚硝胺	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃ 低温保存	1L (水); 8ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
除草剂	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃ 低温保存	1L (水); 8ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
有机氯杀虫剂	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃ 低温保存	1L (水); 8ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
PCBs	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃ 低温保存	1L (水); 8ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
有机磷杀虫剂/化合物	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃ 低温保存	1L (水); 8ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
半挥发性有机物	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃ 低温保存, 0.008 % Na ₂ S ₂ O ₃	1L (水); 8ounce (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
挥发性有机物	G, 用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖	4℃ 低温保存, 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃ (对挥发性芳香烃加 HCl 使 pH<2) ^c	2×40 ml (水); 4ounce (土壤)	14 天 (水和土壤); 无酸保护则为 7 天
a 聚乙烯 (P); 玻璃 (G); 聚乙烯复合气泡垫 (T)。 b 无需调节 pH 的土壤。 c 只有当出现余氯时才需要保存 0.008% 的 Na ₂ S ₂ O ₃ 。				

每份样品从采样到送至实验室都应该有一个完整的样品追踪监管程序, 主要包括: 样品的收集、运输、处理和相关人员的信息; 样品采集日期、时间、深度等记录数据; 样品分析项目等其他信息。样品流转清单样式可参考表 C.3。

C.3 样品运送单

[illegible]

C.3 剩余土的留存

钻探过程中,除按深度采集土样外,建议选择部分可以代表某一深度土层岩性和颜色的土装入岩芯箱留存,在条件有限情况下可考虑装入塑料袋中留存。当钻探结束后,若发现地层情况有任何异常,可以方便复查。留存的土应根据工程要求保存一定期限或长期保存。

一般情况下,建议岩芯箱的规格为 1m(长)×0.5m(宽)×0.1m(高),箱体上部开放、下部密封,中间用木板等间距分隔成五排。野外钻探时,将钻探出剩余的土按对应的深度放入岩芯箱内,在取土的位置,用标签纸插入箱内相应的位置处进行标识,箱外用防水笔标识岩芯箱的有关信息(采样点号及深度范围)。每个岩芯箱装满后,需在现场对其进行拍照,拍照时注意在箱边放置带有明显文字信息(采样点号及深度范围)的标识牌,并记录照片编号。最后采用适当方式封存岩芯箱,以防止水分漏失或侵入。

如果现场不具备岩芯箱,也可以选择塑料袋留存剩余的土,同样选择部分有代表性的土放入塑料袋内,并在每个塑料袋中放入防水标签,标签上记录相应的采样点编号及土的深度。

C.4 封孔

如果钻孔深度穿过弱透水层,建议用膨润土进行钻孔回填,以恢复地层的隔水性。膨润土至少应在弱透水层上、下各余出 30cm 的厚度。每向孔中投入 10cm 的膨润土颗粒就要添加水润湿。

C.5 废弃土、水处理及钻孔回填

每个采样点钻探结束后,应将所有剩余的废弃土装入垃圾袋内,统一运往指定地点储存,废水同样需要用塑料桶进行收集,不得任意排放,防止造成二次污染。最后,每个钻孔均应采用无污染土料进行回填,必要时,还需进行地面恢复。

C.6 钻探记录

土壤的粒径分布、潮湿程度等物理性质影响着污染物迁移的速度和范围,土壤的颜色和气味反映了土壤污染的状况和类型,可为土壤污染识别提供重要信息。这些土壤物理性状可以通过现场手感、目测、闻味或简易试验进行判断。土壤采样现场记录一般要包括:采样位置和过程描述、土壤岩性描述、现场测试描述,具体格式可参考附录 D。

(1) 采样位置

应采用全站仪、水准仪或高精度 GPS 等测量采样点坐标和高程,描述采样点地表状况(如:是否有植物、路面等覆盖物),采用照相记录。

(2) 过程描述

采样过程应记录采样时间,采样工具和方法,钻进难易程度,护壁方式,钻孔和取样工具的清洁操作,取样后对废土的处理及取样孔或坑的恢复。

(3) 岩性描述

包括颗粒级配,粗颗粒形状、母岩成分、风化程度、是否起骨架作用,充填物的性质、湿度、充填程度,密实度,层理特征。土壤粒径的分类按 GBJ 145 中的规定执行。

附 录 D

(资料性附录)

现场记录单样式

钻 探 采 样 记 录 单

项目名称:

标高 m	钻进深度 m	变层深度 m	野外描述						钻进强度	套管长度 钻头种类	土壤采样			PID (ppm)
			岩 性 名 称	颜色 气味	密度	湿度	稠度	断 面 状 态 及 含 有 物			样品编号及类型	样品深度 m	测试项目	

勘探孔编号_____ 采样位置_____ 移位_____ (m) 高差_____ (m)

地下水位初见_____ (m) 静止_____ (m) 时间_____

开孔日期_____年_____月_____日_____午 天气_____ 温度_____

结孔日期_____年_____月_____日_____午 天气_____ 温度_____

取水样深度_____ (m) 量尺_____ 司钻_____ 记录_____ 采样_____ 检查_____

建井记录单

监测井编号：

钻探深度：

(m)

项目名称					
周边情况					
钻机类型		井管直径	(mm)	井管材料	
井管总长	(m)	孔口距地面高度	(m)	滤水管类型	
滤水管长度	(m)	建孔日期	自 年 月 日 开始		
沉淀管长度	(m)		至 年 月 日 结束		
实管数量(根)	3m	2m	1m	0.5m	0.3m
砾料起始深度	(m)				
砾料终止深度	(m)				
砾料(填充物)规格					
止水起始深度	(m)	止水厚度	(m)		
止水材料说明					
孔位略图			封孔厚度		
			封孔材料		
			护台高度		
			现场工程师		
			总工程师		
			日 期	年 月 日	

洗 井 记 录 单

项目名称: _____

时 间: _____

地 点: _____

PID 钻孔孔口读数: _____

井 号: _____

洗井体积

井 深: _____ (3 倍井中贮水体积): _____ (L)

时间	水位埋深 m	流量计读数 L/min	洗井体积 L	温度 ℃	pH	电导率 μ S/cm	浊度 NTU	备注

注释：井的状况描述_____

开始的时候和最后一次读数之间都要校准 pH 值。

取样人_____ 观测者_____

地下水监测点水位观测记录单

天气

年 月 日

[illegible]

观测员:

检验员:

地下水采样记录单

采样日期：_____

监测井编号	样品编号	采样时间	采样深度 m	监测项目	气温 ℃	天气状况	现场测定记录									样品瓶数量
							水位 m	水温 ℃	嗅和味	浑浊度	肉眼可见物	pH	电导率 μ S/cm	溶解氧 mg/L	氧化还原电位 mV	
备注																

采样人员_____

记录人员_____

附录 E

(资料性附录)

监测井设置与地下水采样技术

E.1 地下水检测

场地环境评价应进行地下水监测。地下水监测工作的布置应根据监测目的、场地条件、工程要求和水文地质条件确定。为准确确定含水层的特征以及得到具有代表性的地下水样，正确设置监测井非常重要。另外，监测井所采用的构筑材料不应改变地下水的化学成分，即不能干扰场地评价过程中对地下水中化合物的分析。

E.2 井管

E.1.1 井管结构

井管应由井壁管、过滤管和沉淀管等三部分组成。井壁管位于过滤管上，过滤管下为沉淀管。过滤管位于监测的含水层中，长度范围为从含水层底板或沉淀管顶到地下水位以上的部分，水位以上的部分要在地下水位动态变化范围内；沉淀管的长度一般为 50cm~60cm，视隔水层的厚度而定，沉淀管底部须放置在隔水层内。地下水监测井示意图见图 E.1。

E.1.2 口径及材质

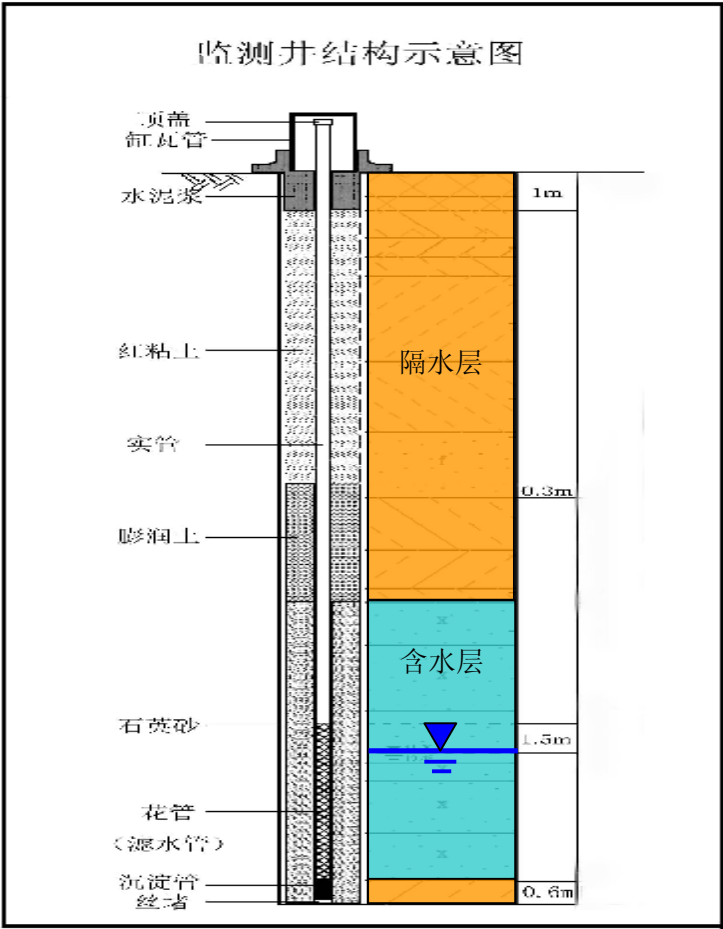


图 E.1 监测井结构示意图

井管的内径要求不小于 50mm，以能够满足洗井和取水要求的口径为准。

井管全部采用螺纹式连接，各接头连接时不能用任何粘合剂或涂料，推荐采用螺纹式连接井管。

井管材质因检测项目的不同而有所差异，各类检测项目的材质选择见表 E.1。

表 E.1 井管材质选择要求

检测项目类别	第一选择	第二选择	禁用材质
金属	聚四氟乙烯 (PTFE)	聚氯乙烯 (PVC)	304 和 316 不锈钢
有机物	304 和 316 不锈钢	PVC	镀锌钢和 PTFE
金属和有机物	无	PVC 和 PTFE	304 和 316 不锈钢

如果井深超过 20m 时，需改用受压强度更高的井管。如果地下水监测井仅用来测定地下水位的情况，可以使用热镀锌管作为井管。

E.1.3 过滤管参数选择

过滤管上的空隙大小应足以防止 90% 的滤料进入井内，即其孔隙直径要小于 90% 以上的滤料直径。

E.3 地下水监测井钻孔

钻孔的直径应至少大于井管外壁 75mm，以适合砾料和封孔粘土或膨润土的就位。

钻孔的深度依监测井所在场区地下水埋深、水文地质特征及含水层类型和分布而定，一般宜达到含水层底板以下 50cm 或至少地下水含水层水位线下 5m，但不应穿透隔水层。

监测井钻孔钻探达到要求深度后，宜进行钻孔掏洗，清除钻孔中的泥浆、泥沙等，然后才能开始下管。

E.4 地下水监测井下管

下管前应校正孔深，确定下管深度、滤水管长度和安装位置，按下管先后次序将井管逐根丈量、排列、编号、试扣，确保下管深度和滤水管安装位置准确无误。下管作业应统一指挥，互相配合，操作要稳要准，井管下放速度不宜太快，中途遇阻时不准猛墩硬提，可适当地上下提动和缓慢地转动井管，仍下不去时，应将井管提出，扫除孔内障碍后再下。井管下完后，要用升降机将管柱吊直，并在孔口将其扶正、固定，与钻孔同心。

E.5 填砾及止水

E.5.1 填砾

砾料应选择质地坚硬、密度大、浑圆度好的白色石英砂砾为宜，易溶于盐酸和含铁、锰的砾石以及片状或多棱角碎石，不宜用作砾料。

砾料的砾径，应根据含水层颗粒筛分数据确定，可参照表 E.2 选用。

填砾的厚度宜大于 25mm，当观测孔用于抽水试验时，填砾厚度宜大于 50mm。

填砾的高度，自井底向上直至与实管的交接处，即含水层顶板。

表 E.2 填砾的砾径选择

含水层类型	砂土类含水层	碎石土类含水层	
	$\eta_1<10$	$d_{20}<2\text{mm}$	$d_{20} \geq 2\text{mm}$
砾径 (D) 的尺寸	$D_{50}= (6\sim 8) d_{50}\text{mm}$	$D_{50}= (6\sim 8) d_{20}\text{mm}$	$D=10\sim 20\text{mm}$
砾料的 η_2 要求	$\eta_2<10$		
注 1: 表中 η_1 为含水层的、 η_2 为砾料的不均匀系数。即: $\eta_1=d_{60}/d_{10}$; $\eta_2=D_{60}/D_{10}$ 。			
注 2: $d_{10}, d_{20}, d_{50}, d_{60}$ 和 D_{10}, D_{50}, D_{60} 分别为含水层试样和砾料试样, 分别在筛分中能通过筛眼的颗粒, 其累计重量占筛样全重依次为 10%, 20%, 50%, 60%时的筛眼直径。			

应避免滤料填充时形成架桥或卡锁现象，可以使用导砂管将滤料缓慢输入管壁与井壁中的环形空隙内。滤料在回填前应冲洗干净（由清水或蒸馏水清洗），清洗后应使其沥干。

E.5.2 止水

止水材料必须具备隔水性好、无毒、无嗅、无污染水质等条件。建议选用球状膨润土回填。

止水部位应根据场地内含水层分布的情况确定，选择在良好的隔水层或弱透水层处。

止水的厚度至少从滤料往上 50cm 和滤料下部 50cm；如果场地内存在多个含水层，止水应为每个弱透水层及以上 30cm 至弱透水层以下 30cm 范围内必须用膨润土回填。

膨润土回填时要求每回填 10cm 用水管向钻孔中均匀注入少量的水，注意防止在膨润土回填和注水稳定化的过程中膨润土、井管和套管粘连。

E.6 井台构筑

井口处使用混凝土固定井管，混凝土浇筑直从地面到膨润土回填上部。

井台构筑有两种形式：一种是明显式井台，井管地上部分约 30cm~50cm，超出地面的部分采用红白相间的管套保护，管套建议选择强度较大且不宜损坏材质，如果在管套与井管之间有孔隙，则注以水泥固定，监测井井口用与井管同材质的丝堵或管帽封存。

另一种是隐蔽式井台，原则上不超过自然地面 10cm，为方便监测时能够打开井盖，建议在地面以下的部分设置直径比井管略大的井套套在井管外，井套外再用水泥固定并筑成土坡状，井套内与井管之间的环形空隙不填充任何物质，以便于井口开启和不妨碍道路通行。

E.7 井位高程及坐标测量

建井完成后，必须进行井位坐标测量及井管顶的高程测量。测量精度要能满足一般工程测量的精度即可。

E.8 设置标示牌

监测井需设置标示牌。标示牌上需注明监测井编号、井的管理单位和联系电话等信息。

E.9 地下水监测井洗井

洗井一般有两个阶段，第一次是建井后的洗井，目的是洗清井内由于钻探扰动地层和置入滤料等产生的泥浆，洗清的标准是直观判断基本上达到水清砂净；

第二次是取样前的洗井，取样前的洗井目的在于洗清积聚在过滤管周围积聚的细小颗粒物，这些物质若不清除，进入井内将造成水样混浊，不利于水质分析，洗净的标准是测量地下水的各项指标，通过测量值判断是否具备取样的条件。洗井要求洗出的水量至少要达到井中贮水的体积的 3~5 倍。洗井后需要对地下水的各项状态参数进行测试，主要包括浊度、pH 值、电导率、氧化还原电位、溶解氧等等，测试的结果达到稳定后即可以取水。

洗井操作方法的选择要根据地层情况、监测井深度和现场作业条件等综合确定，一般常使用的洗井设备有掏桶、贝勒管、空压机、小型水泵等。

E.10 地下水监测井中水位和油层观测

地下水监测井设置完成后，需要由专人使用专门的水位量测仪定期观测统一场区内地下水监测井的水位，针对发现有油层存在的监测井，可采用油层测厚仪来量测油层的位置和厚度。

E.11 地下水监测井中水文地质参数的确定

场地内各岩、土层的水文地质参数可以通过在地下水监测井中进行水文地质试验来确定，常用的水文地质试验有提水试验、渗水试验、抽水试验和注水试验等，测定不同的水文地质参数需要结合实际条件选择适合的水文地质试验。

水文地质参数测定的一般方法见表 E.3。

表 E.3 水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	提水试验、渗水试验、抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透性试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	多孔抽水试验（稳定流或非稳定流）
单位吸水率	注水试验、压水试验
毛细水上升高度	试坑试验、室内试验
注：除水位外，当对数据精度要求不高时，可采用经验数值。	

E.12 地下水水样的采集和保存

取水使用一次性的贝勒管，要求一井一管，并做到一井一根提水用的尼龙绳。

取水的位置建议为井中贮水的中部，如果在监测井中遇见重油（DNAPL）或轻油（LNAPL）时，对 DNAPLs 采样应设置在含水层底部和不透水层的顶部，对 LNAPLs 采样应设置在油层的顶板处，以保证水样能代表地下水水质。

如条件许可，也可采用电动潜水泵进行采样。

用于测定 VOC 的水样用带塑料螺纹盖的 40ml 小玻璃瓶（VOAvail）取样，加 HCl 至 pH<2 使其稳定。在测试 VOC 水样的取样小瓶中不允许存在顶空或者是大于 6mm 的气泡。溶解氧、五日生化需氧量和半挥发性有机污染物项目采样时，水样也必须注满容器，上部不留空隙。

用于测定可溶解的金属物质的水样在野外取样后需先过滤再将其装入 200ml 的聚乙烯容器内，加 HNO₃ 至 pH<2 使其稳定。用于测定总金属含量的水样不需要过滤，也不用加稳定剂。

用于测定总烃、杀虫剂及多环芳烃的水样用带塑料螺纹盖的棕色玻璃瓶保存。

用于测定氰化物的水样应存放于 250ml 的聚乙烯容器中，加 NaOH 至 pH>12 使其稳定。

地下水样品的采集、保存、样品运输和质量保证等，还应满足 HJ/T 164 中的要求。

E.13 现场记录及记录表格

现场记录的岩土体分类应按照 GB 50021 分类和定名。需记录的项目主要有岩土体的名称、颜色、密度、湿度、稠度、断面状态、含有物、野外强度、污染特征及 PID 数据。在钻进过程中还应将钻孔中所发现的油渍和设备清洗情况随时记录于现场工作记录单上。地下水监测井设置过程中，应将井结构及完井过程详细记录于建井记录单和洗井记录单上，具体格式可参考附录 D。

在钻探过程中遇见地下水，需准确量测地下水位，并记录初见水位和静止水位，没有静止水位的只记录初见水位，并记录水位量测的时间。勘探孔位如有移动，应在记录单中注明移位方向、尺寸及移动后孔位标高与原孔位处的相对高差。

现场记录宜使用专门的记录单，现场记录单包括：钻孔记录单、采样日志和监测井建井记录单、洗井记录单和水位观测记录单等等。

描述需由经过专业训练的人员承担；记录应真实及时，按钻进回次逐段填写，严禁事后追记；钻探成果可用钻孔柱状图表示，亦可拍摄岩芯、土芯彩照纳入成果资料中。

附 录 F

(规范性附录)
样品分析方法

土壤污染物分析方法见表 F.1。

表 F.1 土壤污染物分析方法

序号	污染物	分析方法	方法来源	
			国标方法	美国 EPA 等其他方法
无机污染物				
1	砷	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		二乙基二硫代氨基甲酸银分 光光度法	GB/T 17134	
		硼氢化钾-硝酸银分光光度法	GB/T 17135	
2	铍	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
3	镉	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		KI-MIBK 萃取火焰原子吸收 分光光度法	GB/T 17140	
		石墨炉原子吸收分光光度法	GB/T 17141	
4	铬	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17137	
5	六价铬	比色法		EPA 7196
6	铜	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17138	
7	铅	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		KI-MIBK 萃取火焰原子吸收 分光光度法	GB/T 17140	
		石墨炉原子吸收分光光度法	GB/T 17141	
8	汞	-		EPA7473
		冷原子吸收分光光度法	GB/T 17136	
9	镍	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17139	

表 F.1 (续)

序号	污染物	分析方法	方法来源	
			国标方法	美国 EPA 等其他方法
10	锌	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
		火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17138	
11	锡	ICP-AES		EPA 6010
12	锑	ICP-AES		EPA 200.7
		ICP-MS		EPA 200.8
13	总氰化物	异烟酸-吡啶啉酮比色法	GB 7486 (前处理方法 参见 EPA9012)	EPA 9012
14	氟化物	-		《土壤分析技术规范》
15	石棉	-		NIOSH 7400
挥发性有机污染物				
16	二氯甲烷	GC/MS		EPA 8260
17	苯	GC/MS		
18	甲苯	GC/MS		
19	乙苯	GC/MS		
20	氯仿	GC/MS		
21	溴仿	GC/MS		
22	氯苯	GC/MS		
23	四氯化碳	GC/MS		
24	1,1-二氯乙烷	GC/MS		
25	1,2-二氯乙烷	GC/MS		
26	1,1,1-三氯乙烷	GC/MS		
27	1,1,2-三氯乙烷	GC/MS		
28	1,1,2,2-四氯乙烷	GC/MS		
29	三氯乙烯	GC/MS		
30	四氯乙烯	GC/MS		
31	二溴乙烯	GC/MS		
32	苯乙烯	GC/MS		
33	二甲苯 (总二甲苯)	GC/MS		
34	氯乙烷	GC/MS		
35	氯甲烷	GC/MS		
36	1,2-二氯乙烯 (顺)	GC/MS		
37	1,2-二氯乙烯 (反)	GC/MS		
38	1,1-二氯乙烯	GC/MS		
39	1,2-二氯丙烷	GC/MS		
40	1,2,3-三氯丙烷	GC/MS		

表 F.1 (续)

序号	污染物	分析方法	方法来源	
			国标方法	美国 EPA 等其他方法
半挥发性有机污染物				
41	六氯苯	GC/MS		EPA 8270
42	苯胺	GC/MS		
43	硝基苯	GC/MS		
44	苯酚	GC/MS		
45	2,4-二硝基甲苯	GC/MS		
46	邻苯二甲酸二丁酯	GC/MS		
47	邻苯二甲酸二辛酯	GC/MS		
48	邻苯二甲酸正辛酯	GC/MS		
49	萘	GC/MS		
50	菲	GC/MS		
51	蒽	GC/MS		
52	荧蒽	GC/MS		
53	芘	GC/MS		
54	屈	GC/MS		
55	芴	GC/MS		
56	苯并[b]荧蒽	GC/MS		
57	苯并[k]荧蒽	GC/MS		
58	苯并[a]芘	GC/MS		
59	茚并[1,2,3-cd]芘	GC/MS		
60	苯并[g,h,i]芘	GC/MS		
61	苯并[a]蒽	GC/MS		
62	二苯并[a,h]蒽	GC/MS		
63	2-氯酚	GC/MS		
64	2,4-二氯酚	GC/MS		
65	2,4-二硝基酚	GC/MS		
66	2-硝基酚	GC/MS		
67	4-硝基酚	GC/MS		
68	五氯酚	GC/MS		
69	2,4,5-三氯酚	GC/MS		
70	2,4,6-三氯酚	GC/MS		
71	4-甲酚	GC/MS		EPA 8260
72	二溴氯甲烷	GC/MS		
73	一溴二氯甲烷	GC/MS		
农药/多氯联苯及其他				
74	多氯联苯	GC		EPA8082
75	二恶英（PCDDs/PCDFs）	GC/MS		HJ 77.4

表 F.1 (续)

序号	污染物	分析方法	方法来源	
			国标方法	美国 EPA 等其他方法
76	林丹	GC	GB/T 14550	
		GC		EPA8081
77	DDT (包括 o,p' -DDT 和 p,p' -DDT)	GC	GB/T 14550	
		GC		EPA8081
78	p,p' -DDE	GC	GB/T 14550	
		GC		EPA8081
79	p,p' -DDD	GC	GB/T14550	
		GC		EPA8081
80	狄氏剂	GC		
81	艾氏剂	GC		
82	异狄氏剂	GC		
83	敌敌畏	GC		EPA8141
		GC/MS		EPA8270
84	乐果	GC		EPA8141
		GC/MS		EPA8270
85	敌百虫	GC		EPA8141
		GC/MS		EPA8270
86	总石油烃(脂肪族): <C16	GC		EPA8015
87	总石油烃(脂肪族): >C16	GC		
注 1: 有国家标准的, 执行国家标准; 没有国家标准的, 暂采用美国 EPA 等其他分析方法。 注 2: ICP-AES: 电感耦合等离子体原子发射光谱法; ICP-MS: 电感耦合等离子体质谱法; GC/MS: 气相色谱/质谱联用法; GC: 气相色谱法; GC/FID: 气相色谱/氢火焰离子化检测器法。				

附 录 G

(资料性附录)

美国 EPA 通用土壤筛选值

通用土壤筛选值见表 G.1。

表 G.1 通用土壤筛选值^a

单位：毫克每千克 (mg/kg)

CAS No.	化学物质	直接摄入	吸入挥发性物质	迁移至地下水	
				20 倍 DAF	1 倍 DAF
83-32-9	萘	4,700 ^b	--- ^c	570 ^b	29 ^b
67-64-1	丙酮	7800 ^b	1.0E+05 ^d	16 ^b	0.8 ^b
309-00-2	艾试剂	0.04	3 ^e	0.5 ^e	0.02 ^b
120-12-7	蒽	23,000 ^b	--- ^c	12000 ^b	590 ^b
56-55-3	苯并(a)蒽	0.9 ^e	--- ^c	2 ^e	0.08 ^{e,f}
71-43-2	苯	22e	0.8 ^e	0.03	0.002
205-99-2	苯并(b)荧蒽	0.9 ^e	--- ^c	5 ^e	0.2 ^{e,f}
207-08-9	苯并(k)荧蒽	9 ^e	--- ^c	49 ^e	2 ^e
65-85-0	苯甲酸	3.1E+05	--- ^c	400 ^{b,j}	20 ^{b,j}
50-32-8	苯并(a)芘	0.09 ^{e,f}	--- ^c	8	0.4
111-44-4	双(2-氯乙基)醚	0.6 ^e	0.2 ^{e,f}	0.0004 ^{e,f}	2E-05 ^{e,f}
117-81-7	邻苯二甲酸二辛酯	46 ^e	31000 ^d	3600	180
75-27-4	二氯溴甲烷	10 ^e	3000 ^d	0.6	0.03
75-25-2	三溴甲烷	81 ^e	53 ^e	0.8	0.04
71-36-3	丁醇	7800 ^b	10000 ^d	17 ^b	0.9 ^b
85-68-7	邻苯二甲酸丁苄酯	16000 ^b	930 ^d	930 ^d	810 ^b
86-74-8	唑啉	32 ^e	--- ^c	0.6 ^e	0.03 ^{e,f}
75-15-0	二硫化碳	7800 ^b	720 ^d	32 ^b	2 ^b
56-23-5	四氯化碳	5 ^e	0.3 ^e	0.07	0.003 ^f
57-74-9	氯丹	0.5 ^e	20 ^e	10	0.5
106-47-8	对氯苯胺	310 ^b	--- ^c	0.7 ^b	0.03 ^{b,f}
108-90-7	氯苯	1600 ^b	130 ^b	1	0.07
124-48-1	二溴氯甲烷	8 ^e	1300 ^b	0.4	0.02
67-66-3	氯仿(三氯甲烷)	100 ^e	0.3 ^e	0.6	0.03
95-57-8	2-氯苯酚	390 ^b	53000 ^d	4 ^{b,j}	0.2 ^{b,f,i}
218-01-9	屈	88 ^e	--- ^c	160 ^e	8 ^e
72-54-8	DDD	3 ^e	--- ^c	16 ^e	0.8 ^e
72-55-9	DDE	2 ^e	--- ^c	54 ^e	3 ^e
50-29-3	DDT	2 ^e	--- ^g	32 ^e	2 ^e
53-70-3	二苯并(a,h)蒽	0.09 ^{e,f}	--- ^c	2 ^e	0.08 ^{e,f}
84-74-2	邻苯二甲酸二丁酯	7800 ^b	2300 ^d	2300 ^d	270 ^b
95-50-1	1,2-二氯苯	7000 ^b	560 ^d	17	0.9
106-46-7	1,4-二氯苯	27 ^e	--- ^g	2	0.1 ^f
91-94-1	二氯联苯胺盐	1 ^e	--- ^c	0.007 ^{e,f}	0.0003 ^{e,f}
75-34-3	1,1-二氯乙烷	7800 ^b	1300 ^b	230 ^b	1 ^b
107-06-2	1,2-二氯乙烷	7 ^e	0.4 ^e	0.02	0.001 ^f

表 G.1 (续)

单位: 毫克每千克(mg/kg)

CAS No.	化学物质	直接摄入	吸入挥发性物质	迁移至地下水	
				20 倍 DAF	1 倍 DAF
75-35-4	1,1-二氯乙烯	1 ^e	0.07 ^e	0.06	0.003 ^f
156-59-2	顺-1,2-二氯乙烯	780 ^b	1200 ^d	0.4	0.02
156-60-5	反-1,2-二氯乙烯	1600 ^b	3100 ^d	0.7	0.03
120-83-2	2,4-二氯苯酚	230 ^b	--- ^c	1 ^{b,j}	0.05 ^{b,f,i}
78-87-5	1,2-二氯丙烷	9 ^e	15 ^b	0.03	0.001 ^f
542-75-6	1,3-二氯丙烷	4 ^e	0.1 ^e	0.004 ^e	0.0002 ^e
60-57-1	狄氏剂	0.04 ^e	1 ^e	0.004 ^e	0.0002 ^{e,f}
84-66-2	邻苯二甲酸二乙酯	63000 ^b	2000 ^d	470 ^b	23 ^b
105-67-9	2,4-二甲基苯酚	1600 ^b	--- ^c	9 ^b	0.4 ^b
51-28-5	2,4-二硝基苯酚	160 ^b	--- ^c	0.3 ^{b,f,i}	0.001 ^{b,f,i}
121-14-2	2,4-二硝基甲苯	0.9 ^e	--- ^c	0.0008 ^{e,f}	0.00004 ^{e,f}
606-20-2	2,6-二硝基甲苯	0.9 ^e	--- ^c	0.0007 ^{e,f}	0.00003 ^{e,f}
117-84-0	邻苯二甲酸正二辛酯	1600 ^b	10000 ^d	10000 ^d	10000 ^d
115-29-7	硫丹	470 ^b	--- ^c	18 ^b	0.9 ^b
72-20-8	异狄氏剂	23 ^b	--- ^c	1	0.05
100-41-4	乙苯	7800 ^b	400	13	0.7
206-44-0	茛菪	3100 ^b	--- ^c	4300 ^b	210 ^b
86-73-7	茛	3100 ^b	--- ^c	560 ^b	28 ^b
76-44-8	七氯	0.1 ^e	4 ^e	23	1
1024-57-3	环氧七氯	0.07 ^e	5 ^e	0.7	0.03
118-74-1	七氯苯	0.4 ^e	1 ^e	2	0.1 ^f
87-68-3	六氯-1,3-丁二烯	8 ^e	8 ^e	2	0.1 ^f
319-84-6	α-六六六(甲体六六六)	0.1 ^e	0.8 ^e	0.0005 ^{e,f}	0.00003 ^{e,f}
319-85-7	β-六六六苯(乙体六六六)	0.4 ^e	--- ^g	0.003 ^e	0.0001 ^{e,f}
58-89-9	γ-六氯环己烷(林丹)	0.5 ^e	--- ^c	0.009	0.0005 ^f
77-47-4	六氯代-1,3-环戊二烯	550 ^b	10 ^b	400	20
67-72-1	六氯乙烷	46 ^e	55 ^e	0.5 ^e	0.02 ^{e,f}
193-39-5	茛并(1,2,3-cd)茛	0.9 ^e	--- ^c	14 ^e	0.7 ^e
78-59-1	异佛乐酮	670 ^e	4600 ^d	0.5 ^e	0.003 ^{e,f}
7439-97-6	汞	23 ^{b,i}	10 ^{b,j}	2 ⁱ	0.1 ⁱ
72-43-5	甲氧滴滴涕	390 ^b	--- ^c	160	8
74-83-9	溴甲烷	110 ^b	10 ^b	0.2 ^b	0.01 ^{b,f}
75-09-2	二氯甲烷	85 ^e	13 ^e	0.02 ^e	0.001 ^{e,f}
95-48-7	2-甲酚	3900 ^b	--- ^c	15 ^b	0.8 ^b
91-20-3	萘	3100 ^b	--- ^c	84 ^b	4 ^b
98-95-3	硝基苯	39 ^b	92 ^b	0.1 ^{b,f}	0.007 ^{b,f}
86-30-6	N-亚硝基二苯胺	130 ^e	--- ^c	1 ^e	0.06 ^{e,f}
621-64-7	N-亚硝基-n-正丙胺	0.09 ^{e,f}	--- ^c	0.00005 ^{e,f}	0.000002 ^{e,f}
87-86-5	五氯酚	1 ^h	--- ^h	-- ^h	-- ^h
108-95-2	酚 Phenol	3 ^{e,j}	--- ^c	0.03 ^{f,i}	0.001 ^{f,i}
129-00-0	茛	47000 ^b	--- ^c	100 ^b	5 ^b
100-42-5	苯乙烯	2300 ^b	--- ^c	4200 ^b	210 ^b
79-34-5	1,1,2,2-四氯乙烷	16000 ^b	1500 ^d	4	0.2

表 G.1 (续)

单位: 毫克每千克(mg/kg)

CAS No.	化学物质	直接摄入	吸入挥发性物质	迁移至地下水	
				20 倍 DAF	1 倍 DAF
127-18-4	四氯乙烯	12 ^e	11 ^e	0.06	0.003 ^f
108-88-3	甲苯	16,000 ^b	650 ^d	12	0.6
8001-35-2	八氯苈烯(毒杀芬)	0.6 ^e	89 ^e	31	2
120-82-1	1,2,4-三氯苯	780 ^b	3200 ^d	5	0.3 ^f
71-55-6	1,1,1-三氯乙烷	--- ^c	1200 ^d	2	0.1
79-00-5	1,1,2-三氯乙烷	11 ^e	1 ^e	0.02	0.0009 ^f
79-01-6	三氯乙烯	58 ^e	5 ^e	0.06	0.003 ^f
95-95-4	2,4,5-三氯苯酚	7800 ^b	--- ^c	270 ^{b,j}	14 ^{b,j}
88-06-2	2,4,6-三氯苯酚	58 ^e	200	0.2 ^{e,f,i}	0.008 ^{e,f,i}
108-05-4	乙酸乙烯酯	78000 ^b	1000 ^b	170 ^b	8 ^b
75-01-4	氯乙烯	0.3 ^e	0.03 ^e	0.01 ^f	0.0007 ^f
108-38-3	间二甲苯	160000 ^b	420 ^d	210	10
95-47-6	邻二甲苯	160000 ^b	410 ^d	190	9
106-42-3	对二甲苯	160000 ^b	460 ^d	200	10
7440-36-0	锑	31 ^b	--- ^c	5	0.3
7440-38-2	砷	0.4 ^e	750 ^e	29 ⁱ	1 ⁱ
7440-39-3	钡	5500 ^b	6.9E+05 ^b	1600 ⁱ	82 ⁱ
7440-41-7	铍	0.1 ^e	1300 ^e	63 ⁱ	3 ⁱ
7440-43-9	镉	78 ^{b,m}	1800 ^e	8 ⁱ	0.4 ⁱ
7440-47-3	总铬	390 ^b	270 ^e	38 ⁱ	2 ⁱ
16065-83-1	三价铬	78000 ^b	--- ^c	--- ^g	--- ^g
18540-29-9	六价铬	390 ^b	270 ^e	38 ⁱ	2 ⁱ
57-12-5	氰化物	1600 ^b	--- ^c	40	2
7439-92-1	铅	400 ^k	--- ^k	--- ^k	--- ^k
7440-02-0	镍	1600 ^b	13000 ^e	130 ⁱ	7 ⁱ
7782-49-2	硒	390 ^b	--- ^c	5 ⁱ	0.3 ⁱ
7440-22-4	银	390 ^b	--- ^c	34 ^{b,j}	2 ^{b,j}
7440-28-0	铊	--- ^c	--- ^c	0.7 ⁱ	0.04 ⁱ
7440-62-2	钒	550 ^b	--- ^c	6000 ^b	300 ^b
7440-66-6	锌	23000 ^b	--- ^c	12000 ^{b,j}	620 ^{b,j}

注: DAF 指稀释和衰减因子。

a 仅为基于人体健康的筛选值;
 b 按非致癌风险为 1 计算得出的数值;
 c 该暴露途径目前无毒性标准;
 d 土壤饱和浓度;
 e 按致癌风险为 10⁻⁶ 计算得出的数值;
 f 等于或低于认证实验室常规检测服务的最低数值检出限;
 g 对于此种暴露途径, 此物质的这种化学特性在所有土壤的污染物浓度中不是很重要;
 h PCB 的初步修复值为 1mg/kg 是基于 EPA 超级基金关于 PCB 的修复指南(EPA, 1990) 和 EPA 在管理 PCB 污染
 的实践;
 i pH=6.8 时的土壤筛选值;
 j 直接摄入中增加了皮肤接触且皮肤接触按直接摄入的 0.5 倍计;
 k 参考适用于超基金场地的“土壤铅临时指南修订”中给出的铅含量限值(U.S. EPA, 1994);
 l 按氯化汞的慢性经口参考剂量(RfD) 计算得出的基准值;
 m 按饮食的慢性参考剂量(RfD) 计算得出的基准值。

附 录 H

(资料性附录)
场地健康风险计算方法

H.1 暴露点浓度

场地风险评价中，一般用污染介质采样浓度的 95%置信水平上限值（Upper Confidence Level，简称 UCL）来反映场地土壤和地下水的总体污染水平，即在风险水平计算时采用 95%置信水平上限值作为暴露点浓度进行风险计算。

如果场地土壤和地下水的采样样本浓度分布均匀且呈正态分布，采用 95%置信水平上限值作为暴露点浓度进行风险计算。95%置信水平上限值的数学含义是场地污染浓度的真实平均值等于或低于该值的概率为 95%，由此来估计场地污染总体风险水平是比较保守和可靠的。

总体的正态均值即场地污染真实评价值 μ 在置信水平为 $1-a$ 下的置信上限可以由式 (H.1) 计算：

$$\bar{X} + t_a(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

$\bar{X}$ ——样本平均值；

$t_a(n-1)$ ——t 分布函数，可查统计手册中的 t 分布分位数表；

n ——样本容量；

a ——总体均值大于置信上限的概率，当置信水平为 95%时， a 取 0.05；

s ——样本标准差。

标准样本 s 可由式 (H.2) 计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (H.2)$$

式中： x ——样品检测值。

H.2 毒性参数

风险评价中常见污染物的致癌斜率推荐值见表 H.1。

表 H.1 常见污染物毒性参数

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
1	萘	0.06	TX07	0.06	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
2	萘烯	0.06	TX07	0.06	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
3	丙酮	0.9	EPA-I	0.9	D2	0.59	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
4	氰化甲烷	0.032	TX07	0.032	D2	0.06	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.8	TX07
5	丙烯酸胺	0.0002	EPA-I	0.0002	D2	-	-	4.5	EPA-I	4.5	D2	0.0013	EPA-I	是	0.5	TX07
6	艾氏剂	0.00003	EPA-I	0.00003	D2	-	-	17	EPA-I	17	D2	0.0049	EPA-I	是	0.5	TX07
7	氨	-	-	-	-	0.1	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
8	蒽	0.3	EPA-I	0.3	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
9	锑	0.0004	EPA-I	0.00006	D2	0.0005	TX07	-	-	-	-	-	-	-	0.01	TX07
10	砷	0.0003	EPA-I	0.0003	D2	-	-	1.5	EPA-I	1.5	D2	0.0043	EPA-I	是	0.03	TX07
11	钡	0.2	EPA-I	0.014	D2	0.0005	TX07	-	-	-	-	-	-	-	0.01	TX07
12	苯	0.004	EPA-I	0.004	D2	0.03	EPA-I	0.055	EPA-I	0.055	D2	0.0000078	EPA-I	是	0.01	TX07
13	苯并(a)蒽	-	-	-	-	-	-	0.73	EPA-93	0.73	D2	0.000088	EPA-93	是	-	-
14	苯并(a)芘	-	-	-	-	-	-	7.3	EPA-I	7.3	D2	0.00088	EPA-N	是	0.00001	TX07
15	苯并(b)荧蒽	-	-	-	-	-	-	0.73	EPA-93	0.73	D2	0.000088	EPA-93	是	-	-
16	苯并(g,h,i)芘	0.03	TX07	0.03	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	-	-
17	苯并(k)荧蒽	-	-	-	-	-	-	0.073	EPA-93	0.073	D2	0.0000088	EPA-93	是	-	-

表 H.1(续)

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
18	苯甲酸	4	EPA-I	4	D2	0.005	TX07	-	-	-	-	-	-	否	-	-
19	铍	0.002	EPA-I	0.000014	D2	0.00002	EPA-I	-	-	-	-	0.0024	EPA-I	是	0.002	TX07
20	二氯溴甲烷	0.02	EPA-I	0.02	D2	-	-	0.062	EPA-I	0.062	D2	-	-	是	0.006	TX07
21	三溴甲烷	0.02	EPA-I	0.02	D2	-	-	0.0079	EPA-I	0.0079	D2	0.0000011	EPA-I	是	-	-
22	正丁醇	0.1	EPA-I	0.1	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
23	镉	0.001/0.0005	EPA-I	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0018	EPA-I	是	0.005	TX07
24	二硫化碳	0.1	EPA-I	0.1	D2	0.7	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	-	-
25	四氯化碳	0.0007	EPA-I	0.0007	D2	0.7	EPA-I	-	-	-	-	-	-	是	0	TX07
26	氯苯	0.02	EPA-I	0.0062	D2	0.05	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.3	TX07
27	氯乙烷	0.4	EPA-N	0.4	D2	10	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
28	氯仿	0.01	EPA-I	0.002	D2	0.045	TX07	-	-	-	-	0.000023	EPA-I	是	0.06	TX07
29	氯甲	-	-	-	-	0.09	EPA-I	0.013	EPA-H	0.013	D2	0.0000018	EPA-H	是	0	TX07
30	2-氯酚	0.005	EPA-I	0.005	D2	0.03	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
31	三价铬	1.5	EPA-I	0.0195	D2	0.0001	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
32	六价铬	0.003	EPA-I	0.000075	D2	0.0001	EPA-I	-	-	-	-	-	-	是	0.01	TX07
33	屈	-	-	-	-	-	-	0.0073	EPA-93	0.0073	D2	0.00000088	EPA-93	是	0.13	TX07
34	铜	0.04	EPA-N	0.04	D2	0.001	YX07	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07

表 H.1(续)

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
35	间甲酚	0.05	EPA-I	0.05	D2	0.01	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
36	2-甲酚	0.05	EPA-I	0.05	D2	0.01	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
37	对甲酚	0.05	TX07	0.005	D2	0.01	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
38	氰化物	0.02	EPA-I	0.02	D2	0.005	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
39	DDT	0.0005	EPA-I	0.0005	D2	-	-	0.34	EPA-I	0.34	D2	0.000097	EPA-I	是	0.03	TX07
40	二苯并(a,h) 蒽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	是	0.13	TX07
41	二溴氯甲烷	0.02	EPA-I	0.02	D2	-	-	0.084	EPA-I	0.084	D2	-	-	是	0	TX07
42	1,2-二氯苯	0.09	EPA-I	0.09	D2	0.03	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.8	TX07
43	间二氯苯	0.03	EPA-I	0.03	D2	0.008	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.8	TX07
44	1,4-二氯苯	-	-	-	-	0.8	EPA-I	0.024	EPA-H	0.024	D2	-	-	是	0.9	TX07
45	二氯二氟甲烷	0.2	EPA-I	0.046	D2	4.95	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
46	1,1-二氯乙烷	0.2	TX07	0.2	D2	0.4	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
47	1,2-二氯乙烷	-	-	-	-	2.423504327	EPA-I	0.091	EPA-I	0.091	D2	0.000026	EPA-I	是	0	TX07
48	顺-1,2-二氯 乙烯	0.01	EPA-H	0.01	D2	0.793	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
49	反-1,2-二氯 乙烯	0.02	EPA-I	0.02	D2	0.793	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
50	狄氏剂	0.00005	EPA-I	0.00005	D2	-	-	16	EPA-I	16	D2	0.0046	EPA-I	是	0	TX07

表 H.1(续)

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
51	2,4-二甲基苯酚	0.02	EPA-I	0.02	D2	0.0165	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
52	二恶英 (2,3,7,8-四氯二苯并对二恶英)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	是	0.03	TX07
53	乙苯	0.1	EPA-I	0.1	D2	1	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.3	TX07
54	乙二醇	2	EPA-I	2	D2	0.026	TX07	-	-	-	-	-	-	否	-	-
55	茛菪	0.04	EPA-I	0.04	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
56	芴	0.04	EPA-I	0.04	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
57	甲醛	0.2	EPA-I	0.2	D2	0.0098045	EPA-I	-	-	-	-	0.000013	EPA-I	是	0	TX07
58	六氯苯	0.0008	EPS-I	0.0008	D2	-	-	1.6	EPA-I	1.6	D2	0.00046	EPA-I	是	0.1	TX07
59	正己烷	11	TX07	11	D2	40	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.8	TX07
60	茚并 (1,2,3-cd)芘	-	-	-	-	-	-	0.73	EPA-93	.73	D2	0.000088	EPA-93	是	0.13	TX07
61	林丹	0.0003	EPA-I	0.0003	D2	0.0005	TX07	1.3	EPA-H	1.3	D2	-	-	是	0.04	TX07
62	锰	0.14/0.047	EPA-I	-	-	0.00005	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
63	汞	0.0003	for HgCl	0.000024	D2	0.0003	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
64	甲醇	0.5	EPA-I	0.5	D2	0.262	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
65	甲基环己烷	5	TX07	5	D2	3	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07

表 H.1(续)

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
66	2-丁酮	0.6	EPA-I	0.6	D2	5	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
67	二氯甲烷	0.06	EPA-I	0.06	D2	3	EPA-I	0.0075	EPA-I	0.0075	D2	0.00000047	EPA-I	是	0	TX07
68	钼	0.005	EPA-I	0.0019	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
69	萘	0.02	EPA-I	0.02	D2	0.003	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
70	镍	0.02	EPA-I	0.0008	D2	0.00009	EPA-I	-	-	-	-	0.00048	EPA-I	是	0.01	TX07
71	N-二甲基亚硝酸胺	0.000008	TX07	0.000008	D2	-	-	51	EPA-I	51	D2	0.014	EPA-I	是	0	TX07
72	多氯联苯	0.00002	EPA-I	0.00002	D2	-	-	2	EPA-I	2	D2	0.00057	EPA-I	是	0.1	TX07
73	五氯苯酚	0.03	EPA-I	0.03	D2	0.0005	TX07	0.12	EPA-I	0.12	D2	-	-	是	0.25	TX07
74	邻苯二甲酸二辛酯	0.02	EPA-I	0.0038	D2	-	-	0.0014	EPA-I	0.073684 211	D2	-	-	是	0.5	TX07
75	邻苯二甲酸丁苄酯	0.2	EPA-I	0.2	D2	0.005	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.5	TX07
76	邻苯二甲酸二乙酯	0.8	EPA-I	0.8	D2	0.005	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.5	TX07
77	邻苯二甲酸正二辛酯	0.04	TX07	0.04	D2	0.005	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
78	苡	0.03	EPA-I	0.03	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
79	硒	0.005	EPA-I	0.005	D2	0.0002	TX07-	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
80	银	0.005	EPA-I	0.0002	D2	0.00001	TX07-	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
81	苯乙烯	0.2	EPA-I	0.2	D2	1	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07

表 H.1(续)

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
82	1,1,2,2-四氯乙烷	0.06	TX07	0.06	D2	-	-	0.2	EPA-I	0.2	D2	0.000058	EPA-I	是	0	TX07
83	四氯乙烯	0.01	EPA-I	0.01	D2	0.270749388	EPA-I	0.052	EPA-N	0.052	D2	0.00000058	EPA-N	是	0	TX07
84	铊	0.00008	EPA-I	0.00008	D2	0.00001	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
85	甲苯	0.08	EPA-I	0.08	D2	5	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
86	7 总石油烃-直链烃>C ₅ -C ₆	0.06	TX07	0.06	D2	18	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
87	总石油烃-直链烃>C ₆ -C ₈	0.06	TX07	0.06	D2	0.2	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
88	总石油烃-直链烃>C ₉ -C ₁₀	0.1	TPH	0.1	D2	0.2	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
89	总石油烃-直链烃>C ₁₀ -C ₁₂	0.1	TPH	0.1	D2	0.2	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
90	总石油烃-直链烃>C ₁₂ -C ₁₆	0.1	TPH	0.1	D2	0.2	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
91	总石油烃-直链烃>C ₁₆ -C ₂₁	2	TPH	2	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
92	总石油烃-直链烃>C ₂₁ -C ₃₄	2	TPH	2	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
93	总石油烃-芳香烃>C ₉ -C ₁₀	0.001	EPA-I	0.004	D2	0.03	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
94	总石油烃-芳香烃>C ₁₁ -C ₁₄	0.1	TX07	0.1	D2	1	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
95	总石油烃-芳香烃>C ₁₅ -C ₁₈	0.04	TPH	0.04	D2	0.2	T	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
96	总石油烃-芳香烃>C ₁₉ -C ₂₈	0.04	TPH	0.04	D2	0.2	T	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07

表 H.1(续)

序号	污染物	参考剂量 (RfD) mg/(kg·d)				参考浓度(RfC) mg/m ³		致癌斜率(SF) (mg/(kg·d)) ⁻¹				单位致癌系数(URF) (μg/m ³) ⁻¹		是否 致癌	皮肤吸收因子	
		经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源	经口	来源	经皮肤	来源	呼吸	来源		数值	来源
97	总石油烃-芳香烃>C ₁₂ -C ₁₆	0.04	TPH	0.04	D2	0.2	T	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
98	总石油烃-芳香烃>C ₁₆ -C ₂₁	0.03	TPH	0.03	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
99	总石油烃-芳香烃>C ₂₁ -C ₃₅	0.03	TPH	0.03	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0.13	TX07
100	1,2,4-三氯苯	0.01	EPA-N	0.01	D2	0.004	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.1	TX07
101	1,1,1-三氯乙烷	0.02	EPA-N	0.02	D2	2.2	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
102	1,1,2-三氯乙烷	0.004	EPA-I	0.004	D2	-	-	0.057	EPA-I	0.057	D2	0.000016	EPA-I	是	0	TX07
103	三氯乙烯	0.004	EPA-N	0.006	D2	-	-	0.011	EPA-N	0.011	D2	0.00000017	EPA-N	是	0	TX07
104	氯氟甲烷	-	-	-	-	0.09	EPA-I	0.013	EPA-H	0.013	D2	0.0000018	EPA-H	否	0	TX07
105	钒	0.007	EPA-H	0.000182	D2	0.00005	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
106	氯乙烯	0.003	EPA-I	0.003	D2	0.1	EPA-I	1.5	EPA-I	1.5	D2	0.0000088	EPA-I	是	0	TX07
107	混合二甲苯	2	EPA-H	2	D2	0.1	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0.01	TX07
108	间二甲苯	2	EPA-H	2	D2	0.1	TX07	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
109	邻二甲苯	2	EPA-H	2	D2	0.1	EPA-I	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07
110	锌	0.3	EPA-I	0.06	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	否	0	TX07

H.3 挥发性因子计算

根据扩散模型的不同,污染场地土壤和地下水中挥发性有机污染物扩散进入空气中挥发性因子的计算主要分为五种情况,即:由地表污染土壤(深度<1m)挥发至室外空气、由深层土壤挥发至室外空气、由深层土壤经建筑基础缝隙挥发至封闭的室内空间、由地下水挥发至室外空气和由地下水经建筑基础缝隙挥发至封闭的室内空间。具体污染场地应根据场地概念模型确定的暴露途径计算可能存在的挥发性因子,每种途径挥发性因子的计算公式如下。

a) 地表土壤中物质至周围空气的挥发性因子 VF_{ss} 可由下面公式计算:

$$VF_{ss} = \frac{r_s \times A}{U_{air} \times W \times d_{air}} \sqrt{\frac{4 \times D_s^{eff} H}{p \times t \times (q_{ws} + K_s \times r_s + Hq_{as})}} \dots\dots\dots (H.3)$$

$$\text{或者} \quad VF_{ss} = \frac{W \times r_s \times d}{U_{air} \times d_{air} \times t} \times 10^3 \dots\dots\dots (H.4)$$

二者选择其中的低值,式中:

- ρ_s ——干土壤容重,单位为克每立方厘米 (g/cm^3);
- W ——平行于风向或地下水流向的污染带宽度,单位为厘米 (cm);
- U_{air} ——呼吸带(混合带)风速,单位为厘米每秒 (cm/s);
- δ_{air} ——周边混合带高度,单位为厘米 (cm);
- H ——有效的亨利常数系数, cm^3 (水) / cm^3 (空气);
- π ——常数, 3.14159;
- τ ——挥发性物质释放时间,单位为秒 (s);
- θ_{as} ——包气带土壤中空气的体积含量, cm^3 (空气) / cm^3 (土壤);
- θ_{ws} ——包气带土壤中水的体积含量, cm^3 (水) / cm^3 (空气);
- K_s ——土壤-水吸附分配系数, g (水) / g (土壤), $K_s = K_{oc} \times f_{oc}$;
- K_{oc} ——碳-水吸附系数, g (水) / g (碳);
- f_{oc} ——土壤中有有机碳比例, g (碳) / g (土);
- d ——地表污染土壤的深度,单位为厘米 (cm);
- D_s^{eff} ——包气带土壤的有效扩散系数, cm^2/s ; 可通过式 (H.5) 计算:

$$D_s^{eff} = D^{air} \times \frac{q_{as}^{3.33}}{q_T^2} + \frac{D^{wat}}{H} \times \frac{q_{ws}^{3.33}}{q_T^2} \dots\dots\dots (H.5)$$

- D^{air} ——物质在空气中的扩散系数,单位为平方厘米每秒 (cm^2/s);
- θ_T ——包气带土壤总孔隙度, cm^3 (孔隙) / cm^3 (土壤);
- D^{wat} ——物质在水中的扩散系数,单位为平方厘米每秒 (cm^2/s)。

b) 深层土壤中物质至周围空气的挥发性因子 VF_{samb} 可通过下面公式计算:

$$VF_{samb} = \frac{H \times r_s}{(q_{ws} + k_s \times r_s + H \times q_{as}) \times \left(1 + \frac{U_{air} \times d_{air} \times L_s}{D_s^{eff} \times W} \right)} \dots\dots\dots (H.6)$$

如果已知深层污染土壤的深度,也可用式 (H.7) 计算

$$VF_{samb} = \frac{W \times r_s \times d_s}{U_{air} \times d_{air} \times t} \times 10^3 \dots\dots\dots (H.7)$$

二者选择其中的低值,式中:

- L_s ——地表至地下污染土壤的距离,单位为厘米 (cm);
- d_s ——地下污染土壤的厚度,单位厘米 (cm);
- 其他参数意义同上。

c) 深层土壤中物质至封闭空间空气的挥发性因子 VF_{sest} 可通过下面公式计算:

如果 $Q_s=0$

$$VF_{s\text{esp}} = \frac{\left(\frac{H \times r_s}{q_{ws} + k_s \times r_s + H \times q_{as}} \right) \times \left(\frac{D_s^{\text{eff}} / L_s}{ER \times L_B} \right)}{1 + \left(\frac{D_s^{\text{eff}} / L_s}{ER \times L_B} \right) + \left(\frac{D_s^{\text{eff}} / L_s}{D_{\text{crack}}^{\text{eff}} / L_{\text{crack}} \times h} \right)} \dots\dots\dots (\text{H.8})$$

如果 $Q_s > 0$

$$VF_{s\text{esp}} = \frac{\left(\frac{H \times r_s}{q_{ws} + k_s \times r_s + H \times q_{as}} \right) \times \left(\frac{D_s^{\text{eff}} / L_s}{ER \times L_B} \right) \times e^x}{e^x + \left(\frac{D_s^{\text{eff}} / L_s}{ER \times L_B} \right) + \left(\frac{D_s^{\text{eff}} / L_s}{Q_s / A_b} \right) \times (e^x - 1)} \dots\dots\dots (\text{H.9})$$

$$\text{或者} \quad VF_{s\text{esp}} = \frac{r_s \times d_s}{L_B \times ER \times t} \dots\dots\dots (\text{H.10})$$

二者选择其中的低值，式中：

Q_s ——挥发性物质通过建筑底板进入封闭空间的体积流量，单位为立方厘米每秒 (cm^3/s)；可通过式 (H.11) 计算：

$$Q_s = \frac{2p \times \Delta p \times k_v \times X_{\text{crack}}}{m_{\text{air}} \ln \left(\frac{2Z_{\text{crack}} \times X_{\text{crack}}}{A_b \times h} \right)} \dots\dots\dots (\text{H.11})$$

Δp ——室内和室外的压差， $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s}^2)$ ；

k_v ——土壤渗透系数，单位为平方厘米 (cm^2)；

X_{crack} ——建筑底层内周长，单位为厘米 (cm)；

μ_{air} ——空气粘度，单位为克每厘米秒 ($\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s})$)；

Z_{crack} ——建筑底板底层深度，单位为厘米 (cm)；

A_b ——建筑基础底板面积，单位为平方厘米 (cm^2)；

η ——建筑基础面积中裂缝所占比例；

ER ——封闭空间换气率， $1/\text{s}$ ；

L_B ——封闭空间体积与渗透区面积的比例，单位为厘米 (cm)；

L_s ——基础至地下污染土壤的距离，单位为厘米 (cm)；

L_{crack} ——封闭空间地下基础或墙的厚度，单位为厘米 (cm)；

$D_{\text{crack}}^{\text{eff}}$ ——充满土壤的地基裂缝的有效扩散系数，单位为平方厘米每秒 (cm^2/s)；可通过式 (H.12) 计算：

$$D_{\text{crack}}^{\text{eff}} = D^{\text{air}} \times \frac{q_{\text{acrack}}^{3.33}}{q_T^2} + \frac{D^{\text{wat}}}{H} \times \frac{q_{\text{wcrack}}^{3.33}}{q_T^2} \dots\dots\dots (\text{H.12})$$

θ_{acrack} ——基础/墙裂缝土壤中的空气体积含量， cm^3 (空气) / cm^3 (土壤)；

θ_{wcrack} ——基础/墙裂缝土壤中的水体积含量， cm^3 (水) / cm^3 (土壤)；

ξ ——通过基础裂缝的空气流量；可通过式 (H.13) 计算：

$$x = \frac{Q_s / A_b}{(D_{\text{crack}}^{\text{eff}} / L_{\text{crack}}) \times h} \dots\dots\dots (\text{H.13})$$

其他参数意义同上。

土壤气渗透率 (k_v)：是土壤中气相物质通过对流传输进入建筑内的计算模型中最敏感的参数之一，一般通过现场气动试验获得，如果试验数据不充分，可通过公式 (H.14) 计算：

$$k_v = k_i \times K_{rg} \dots\dots\dots (\text{H.14})$$

式中

k_i ——土壤固有渗透率，单位为平方厘米 (cm^2)；可通过公式 (H.15) 计算：

$$k_i = \frac{k_s \times m_w}{r_w \times g} \dots\dots\dots (H.15)$$

k_s ——土壤饱和水力传导系数，单位为厘米每秒（cm/s）；

μ_w ——水的动力粘度，单位为克每厘米秒（g/cm·s），取 0.01307(10℃)；

ρ_w ——水的密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（cm/s²），取 980.665；

k_{rg} ——空气相对渗透率，无量纲；可通过公式（H.16）计算：

$$k_{rg} = \sqrt{1 - S_{te}} \times (1 - S_{te}^{1/M})^{2M} \dots\dots\dots (H.16)$$

S_{te} ——流体的有效总饱和度，无单位；可通过公式（H.17）计算：

$$S_{te} = \frac{q_w - q_r}{n - q_r} \dots\dots\dots (H.17)$$

θ_w ——土壤中孔隙水含量，cm³（水）/cm³（土壤）；

θ_r ——土壤中残余含水量，cm³（水）/cm³（土壤）；

n ——土壤孔隙度，cm³（空气）/cm³（土壤）；

d) 地下水中物质至周围空气的挥发性因子 $VF_{gw\,amb}$ 可通过公式（H.18）计算：

$$VF_{gw\,amb} = \frac{H}{1 + \frac{U_{air} \times d_{air} \times W \times L_{gw}}{D_{ws}^{eff} \times A}} \dots\dots\dots (H.18)$$

式中：

L_{gw} ——地下水的深度，单位为厘米（cm）；

D_{ws}^{eff} ——地下水水平面至地表的有效扩散率，单位为平方厘米每秒（cm²/s）；可通过公式（H.19）

计算：

$$D_{ws}^{eff} = \frac{L_{gw}}{\frac{h_v}{D_s^{eff}} + \frac{h_{cap}}{D_{s,cap}^{eff}}} \dots\dots\dots (H.19)$$

h_v ——包气带厚度，单位为厘米（cm）；

h_{cap} ——毛细管区带厚度，单位为厘米（cm）；

$D_{s,cap}^{eff}$ ——毛细管区带土壤的有效扩散系数，cm²/s；可通过公式（H.20）计算：

$$D_s^{eff} = D^{air} \times \frac{q_{as,cap}^{3.33}}{q_{T,cap}^2} + \frac{D^{wat}}{H} \times \frac{q_{ws,cap}^{3.33}}{q_{T,cap}^2} \dots\dots\dots (H.20)$$

D^{air} ——物质在空气中的扩散系数，单位为平方厘米每秒（cm²/s）；

$\theta_{T,cap}$ ——毛细管带土壤总孔隙度，cm³（孔隙）/cm³（土壤）；

$\theta_{as,cap}$ ——毛细管带土壤中空气的体积含量，cm³（空气）/cm³（土壤）；

$\theta_{ws,cap}$ ——毛细管带土壤中水的体积含量，cm³（水）/cm³（空气）；

其他参数意义同上。

e) 地下水中物质至封闭空间空气的挥发性因子 $VF_{gw\,esp}$ 可通过下面公式计算：

如果 $Q_s=0$

$$VF_{gw\,esp} = \frac{H \times \frac{86400}{L_B \times ER} \times \frac{D_{ws}^{eff}}{L_{gw}}}{1 + \left(\frac{D_{ws}^{eff} \times 86400}{ER \times L_B \times L_{gw}} \right) + \left(\frac{D_{ws}^{eff} \times L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \times L_{gw} \times h} \right)} \dots\dots\dots (H.21)$$

如果 $Q_s>0$

$$VF_{gwesp} = \frac{H \times \frac{86400}{ER \times L_B} \times \frac{D_{ws}^{eff}}{L_{gw}} \times e^x}{e^x + \left(\frac{86400 \times D_{ws}^{eff}}{ER \times L_B \times L_{gw}} \right) + \left(\frac{D_{ws}^{eff} \times A_b}{Q_s \times L_{gw}} \right) \times (e^x - 1)} \dots\dots\dots (H.22)$$

式中参数意义同上。

H.4 摄入量计算中的相关暴露参数建议值

表 H.2 与人体相关的暴露参数

项目	单位	儿童 0-6 yrs	成人	寿命	说明
体重	Kg	15	60		
可接触的皮肤表面积	cm ² /d	1600	4350		总皮肤的 25%
空气呼吸率	m ³ /d	5	15		
寿命	a			70	70-73

表 H.3 各种方案下的暴露参数

参数	用地类型	单位	居住	公园	商业	工业
经口摄入量 (CR)	儿童 (0-6 岁)	mg/d	200	400	50	-
	成人	mg/d	100	200	50	50
	建筑工人	mg/d	(1)	(1)	100	100
暴露频率 (EF)	儿童 (0-6 岁)	d/a	350	250	100	-
	成人	d/a	350	250	300	300
	建筑工人	d/a	-	-	220	220
暴露期间 (ED)	儿童 (0-6 岁)	a	6	3	3	-
	成人	a	30	10	25	30
	建筑工人	a	-	-	1	1